BnF Gallica

Dictionnaire des arts et manufactures, description des procédés de l'industrie française et étrangère... [Publié par Ch. [...]

Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

{BnF Gallica

Laboulaye, Charles (1813-1886). Auteur du texte. Dictionnaire des arts et manufactures, description des procédés de l'industrie française et étrangère... [Publié par Ch. Laboulaye.]. 1886.

1/ Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'oeuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 :
- La réutilisation non commerciale de ces contenus ou dans le cadre d'une publication académique ou scientifique est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur et notamment du maintien de la mention de source des contenus telle que précisée ci-après : « Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France » ou « Source gallica.bnf.fr / BnF ».
- La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service ou toute autre réutilisation des contenus générant directement des revenus : publication vendue (à l'exception des ouvrages académiques ou scientifiques), une exposition, une production audiovisuelle, un service ou un produit payant, un support à vocation promotionnelle etc.

CLIQUER ICI POUR ACCÉDER AUX TARIFS ET À LA LICENCE

2/ Les contenus de Gallica sont la propriété de la BnF au sens de l'article L.2112-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

3/ Quelques contenus sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit :

- des reproductions de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.
- des reproductions de documents conservés dans les bibliothèques ou autres institutions partenaires. Ceux-ci sont signalés par la mention Source gallica.BnF.fr / Bibliothèque municipale de ... (ou autre partenaire). L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques de leurs conditions de réutilisation.

4/ Gallica constitue une base de données, dont la BnF est le producteur, protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

5/ Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Gallica sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

6/ L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur, notamment en matière de propriété intellectuelle. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

7/ Pour obtenir un document de Gallica en haute définition, contacter
utilisation.commerciale@bnf.fr.

Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

(cahier 20 (bis)

DICTIONNAIRE
DES
ARTS ET MANUFACTURES
ET DE L'AGRICULTURE

DICTIONNAIRE

DES

ARTS ET MANUFACTURES

ET DE L'AGRICULTURE

TOME TROISIÈME

4° V
1872

Salle
Casier Z - 108

PARIS. — IMPRIMERIE E. CAPIOMONT ET V. RENAULT

6, RUE DES POITEVINS, 6

ENCYCLOPÉDIE TECHNOLOGIQUE

DICTIONNAIRE

DES

ARTS ET MANUFACTURES

ET DE L'AGRICULTURE

FORMANT

UN TRAITÉ COMPLET DE TECHNOLOGIE

PAR M. CH. LABOULAYE

SECRÉTAIRE DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE, MEMBRE DU JURY INTERNATIONAL AUX EXPOSITIONS UNIVERSELLES DE 1862, 1867 ET 1878.

et MM. DEBETTE, Ingénieur des Mines. — ALCAN. — BARRAL. — E. BAUDE.
BERTHELOT, de l'Institut. — BRÉGUET, du Bureau des Longitudes. — DEHÉRAIN, Professeur au Muséum. — P. DESORMEAUX. — DÉGLIN.
DUBIED. — EBELMEN. — L. FAUCHER, Ingénieur. — FAURE. — GROUVELLE.
HANRIOT, Fabricant. — KNAB, Chimiste. — LISSAJOUS. — LODIN, Ingénieur des Mines. — H. MAGNE. — MALLET, Ingénieur-chimiste.
MANGON, de l'Institut. — ROUGET DE LISLE, Ingénieur. — SALVETAT, Chimiste de la Manufacture de Sèvres.
SANSON, Professeur à l'Institut agronomique. — SCHUTZENBERGER, Professeur au Collège de France.
VINCENDON-DUMOULIN, et un grand nombre d'Ingénieurs et de Fabricants.

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE R.F. IMPRIMÉS

SIXIÈME ÉDITION

N-Z

DCT / EOA
Seine
N° 6415

PARIS

LIBRAIRIE DU DICTIONNAIRE DES ARTS ET MANUFACTURES

60, rue Madame, 60

1886

DICTIONNAIRE

DES

ARTS ET MANUFACTURES

N

NACRE DE PERLES (*angl.* Mother of pearl, *all.* Perle-mutter). Substance sécrétée dans l'intérieur des coquilles de certains mollusques, et qui même se réunit en grains qu'on nomme PERLES. Elle est fournie par une espèce d'huître, l'*avicula margaritifera* ou *mytilus margaritiferus*, que l'on pêche principalement à Ceylan, dans le golfe Persique, près Ormus, au cap Comorin, et dans les mers de l'Océanie. La coquille est assez régulière, brune et très-écailleuse en dehors.

Ce sont des plongeurs qui vont recueillir ces coquilles au fond de la mer avec de grandes fatigues, mais les Européens ont introduit dans cette industrie les appareils à plongeur qui la rendent beaucoup plus sûre et plus productive.

Les filets ou paniers servant à la pêche sont vidés à terre, et bientôt l'animal étant mort, elles s'ouvrent spontanément. On les visite avec attention pour retirer les perles qu'elles peuvent contenir; on choisit les plus larges (celles de 20 à 22 centimètres) et les plus épaisses pour la nacre, et on abandonne le reste. On les envoie en Europe après les avoir sciées et débarrassées des parties qui sont privées de nacre.

La nacre est très-dure et très-difficile à travailler. On la taille à l'aide de petites scies, de limes fines et d'acide sulfurique affaibli; on la polit à l'émeri, et on termine avec le colcothar.

On importe annuellement en France environ 400,000^k de nacre, ayant une valeur de un million de francs.

NAPHTALINE. Hydrocarbure qui se produit lors de l'action d'une température rouge sur les substances organiques; elle se rencontre en quantité notable dans les goudrons recueillis lors de la distillation de la houille pour fabriquer le gaz d'éclairage.

Elle s'obtient lors du traitement des goudrons, sous la forme de lamelles blanches et brillantes, d'une odeur goudronneuse, d'une saveur âcre. Elle fond à 79° et se vaporise à 220°. Elle distille facilement avec les vapeurs d'eau et les hydrocarbures liquides. Insoluble dans l'eau, elle est très-soluble dans l'alcool, l'éther, l'essence de térébenthine.

Les alcalis sont sans action sur la naphtaline, elle se transforme au contraire sous l'influence des acides.

Les usages de la naphtaline sont encore peu nombreux, malgré des efforts tentés pour tirer parti d'une substance que le traitement des goudrons fournissait abondamment.

Lors de la découverte des couleurs d'aniline, on arriva à produire des couleurs analogues en partant de la naphtaline, mais leur manque d'éclat s'est opposé à leur introduction dans l'industrie.

Les travaux de Laurent sur la naphtaline sont restés classiques par leur précision et leur étendue.

NAPHTE. Liquide incolore, d'une odeur bitumineuse, presque sans saveur, soluble en toutes proportions dans l'alcool absolu et dans l'éther, insoluble dans l'eau et d'une densité = 0,753. Il bout à 85°. C'est un carbure d'hydrogène très-inflammable. Le naphte dissout en toutes proportions les huiles fixes et les huiles essentielles. Il dissout aussi, mais en moindre quantité, le soufre, le phosphore, l'iode, la gomme laque et le copal; il est employé pour conserver le potassium et les autres métaux très-oxydables; il sert quelquefois pour l'éclairage et la préparation de certains vernis.

Le naphte est un produit naturel qu'on trouve dans un assez grand nombre de pays. Au moment où il sort de terre, il n'est jamais pur: on l'obtient à cet état par plusieurs rectifications successives.

NATRON. Voyez SOUDE.

NAVIGATION. Le vent et la vapeur sont les deux moteurs employés pour la navigation.

Les voiles des bâtiments, par leur forme et le mécanisme qui les lie à la mâture, peuvent recevoir le vent, quand bien même sa direction et celle de la route du navire font un angle aigu, qui varie suivant la construction plus ou moins bonne du bâtiment, mais qui ne doit jamais être plus petit que 60 à 70 degrés.

L'action du vent sur les voiles est représentée par deux forces, dont l'une agit perpendiculairement à la surface de la voile, et l'autre dans le plan de la voile. Lorsque les voiles font un angle droit avec la direction du bâtiment, la force qui agit perpendiculairement à leur surface tend en entier à faire glisser le bâtiment à la surface de la mer. Lorsque les voiles ne sont pas perpendiculaires à la quille du bâtiment, la force du vent normale à la voile donne deux forces composantes, dont l'une est parallèle, et l'autre perpendiculaire à la quille du bâtiment. Or, plus la direction des voiles se rapproche de celle de la quille, plus la force agissant perpendiculairement à la surface de la quille est grande.

A mesure que le vent se rapproche par sa direction de devenir directement opposé à celle de la route du navire, on est obligé de donner aux voiles une inclinaison de plus en plus grande par rapport à la quille, et alors la force qui tend à entraîner le vaisseau par le

travers devient de plus en plus grande, tandis que celle qui tend à le faire marcher dans le sens de la quille devient de plus en plus petite.

De ces deux forces combinant leurs efforts, il résulte que le vaisseau ne suit pas toujours la direction dans laquelle se trouve la quille, mais bien une direction intermédiaire. L'angle que fait la route réelle suivie par le vaisseau avec la quille s'appelle *dérive*.

Pour apprécier la dérive, on mesure l'angle que fait la quille du bâtiment avec le *sillage*. Le sillage est toujours facile à reconnaître au remous imprimé à la surface des eaux par le passage du bâtiment. Toutefois cette appréciation n'a lieu, en général, que d'une manière approchée.

La direction de la quille du navire est donnée par la boussole; l'aiguille aimantée se dirige rarement dans le méridien; l'angle qu'elle fait avec la ligne nord et sud s'appelle, dans le langage des marins, *variation*. La variation n'est point constante; elle varie sur les différents lieux du globe; il n'est même pas possible d'en faire des tables fixes accusant sa valeur pour chaque point défini par la longitude et la latitude; car, dans un même lieu, elle varie d'une année à l'autre, et suivant des lois à peu près inconnues. Mais les marins ont toujours possibilité de la calculer par des observations faites sur les astres, et le calcul de la variation est, comme celui de la latitude et de la longitude, essentiel à la direction du bâtiment.

La distance parcourue par le bâtiment à la surface de la mer s'estime au moyen du loch; cet instrument grossier consiste dans un secteur en bois lesté avec du plomb, de manière à ce qu'il reste constamment perpendiculaire à la surface des eaux dans lesquelles il plonge presque en entier. A cette planche triangulaire se trouve fixée une corde divisée, de distance en distance, en nœuds et dixièmes de nœuds : le nœud comporte un espace de 15 mètres. Lorsque l'on veut estimer la distance, on jette à la mer le loch qui reste stationnaire à la surface de l'eau, et la ligne à laquelle il se trouve lié se déroule proportionnellement à la vitesse du bâtiment. Si on compte le nombre de nœuds qui passent dans la main de l'observateur pendant l'espace d'une demi-minute, on aura l'espace parcouru par le navire pendant ce laps de temps; et, en supposant la vitesse du navire uniforme pendant une heure, il suffira de multiplier ce résultat par 120 pour connaître l'espace parcouru pendant cet intervalle. Il résulte des longueurs relatives du nœud et du mille, que, toutes les fois qu'un bâtiment parcourt un certain nombre de nœuds dans la demi-minute, il parcourt le même nombre de milles dans une heure. Dire qu'un navire file six nœuds signifie qu'il parcourt six milles à l'heure, pourvu toutefois qu'il conserve toujours la même vitesse.

Le loch, tel qu'il est encore généralement employé, est loin de toujours assurer la route avec exactitude; en outre, il exige constamment le travail de deux personnes pour l'observer. Il serait temps que la marine employât des instruments destinés à atteindre le même but, et qui fussent plus parfaits. Les Anglais ont adopté, depuis quelque temps, à bord de plusieurs de leurs navires, un loch dit *patent log*, qui fait connaître à chaque instant le nombre de nœuds parcourus pendant un espace de temps déterminé.

La pièce principale de ce loch est un cylindre autour duquel s'enroule une surface héliçoïdale. A l'une des extrémités du cylindre, on attache une corde; cette corde sert à mettre en communication le loch avec un système d'aiguilles qui se meuvent sur des cadrans indicateurs.

Lorsqu'on jette le loch à la mer, il tend par son poids à aller au fond; mais, grâce à la vitesse du navire, il est fortement tiré par la corde à laquelle il se trouve lié, et qui imprime la même vitesse que celle du navire. Alors, obéissant à ce mouvement de traction qui ne s'exerce que sur une de ces extrémités, le cylindre se maintient dans une position à peu près horizontale, et la surface héliçoïdale, en venant frapper l'eau, lui imprime un mouvement de rotation d'autant plus rapide que la vitesse du bâtiment est plus grande. Ce mouvement de rotation se communique par la torsion de la corde aux aiguilles, dont tous les mouvements sont indiqués par des cadrans gradués.

Le loch de M. Clément, qui se trouve actuellement en expérimentation sur plusieurs bâtiments de la flotte française, conduit aux mêmes résultats, bien qu'il soit fondé sur un principe différent. Il consiste dans une boule fixée dans la partie plongeante du bâtiment. Suivant que le navire atteindra une vitesse plus ou moins grande, cette boule éprouvera, de la part de l'eau qu'elle sera obligée de heurter sur son passage, une résistance plus ou moins grande. Au moyen d'un mécanisme fort ingénieux, la pression que supporte cette boule se trouve aussi indiquée par des aiguilles qui se meuvent sur des cadrans, et qui accusent à chaque instant, comme le *patent log*, non seulement la vitesse du bâtiment pour un instant quelconque, mais encore le nombre de milles parcourus dans un intervalle de temps défini.

Lorsque l'on connaît la direction suivie par le navire depuis le lieu de départ, et le nombre de milles qu'il a parcourus, on peut toujours apprécier sa position sur le globe. Toutefois les moyens que nous venons de décrire ne sauraient tenir compte de l'action des courants, qui agissent à la surface des mers dans tous les sens; en outre, on conçoit qu'il doit bien souvent se glisser des erreurs graves dans une estimation faite avec des moyens si peu précis. Aussi, en général, les navigateurs sont obligés d'interroger les astres, pour connaître leur position avec exactitude, toutes les fois qu'ils le peuvent. (Voyez LONGITUDE et LATITUDE.)

Au moyen de la longitude et de la latitude, le navigateur peut toujours connaître le point où il se trouve; l'estime, faite au moyen du loch et de la boussole, lui indique l'action du courant; il ne lui reste donc plus à connaître que la direction de la route qu'il doit tenir pour arriver sûrement au but qu'il veut atteindre.

Le plus court chemin d'un point à un autre sur la sphère est l'arc de grand cercle passant par ces deux points; mais tout arc de grand cercle, sauf l'équateur, fait avec chacun des méridiens des angles différents. Si un navire partant d'un point devait parcourir un arc de grand cercle, il faudrait à chaque instant rectifier sa direction, ce qui entraînerait des difficultés insurmontables. Or, sur une sphère, on peut toujours tracer d'un point à un autre une courbe à double courbure jouissant de la propriété de faire avec chaque méridien le même angle; cette courbe s'appelle *loxodromie*. C'est la courbe que suivrait un bâtiment, s'il courait toujours dans le même aire de vent, c'est-à-dire en faisant le même angle avec chacun des méridiens qu'il rencontre. Cette courbe affecte la forme d'une spirale, allant constamment, en se rapprochant, du point qu'il s'agit d'atteindre. Le calcul démontre que, pour deux points même suffisamment éloignés, la grandeur de l'arc loxodromique compris entre les deux méridiens passant par ces deux points diffère peu de l'arc de grand cercle passant par ces deux points; c'est toujours cet arc loxodromique que les navigateurs cherchent à faire parcourir aux bâtiments pour aller d'un point à un autre. Voici, en effet, le moyen employé pour trouver sa route lorsqu'on est à la mer.

On observe la longitude et la latitude, et ensuite on fait son point sur la carte (voyez HYDROGRAPHIE). On joint ensuite par une ligne droite le point que l'on vient de marquer sur la carte, et où se trouve le vais-

NAVIGATION.

seau, avec le point où l'on peut arriver. Cette ligne est la projection de la courbe loxodromique, et l'angle que cette droite fait avec la projection des méridiens est l'angle réel que la direction du vaisseau doit faire avec le méridien pour la parcourir. Or, l'on connaît la variation; l'on peut mesurer sur la carte l'angle loxodromique, et on en déduit la direction que la quille doit faire avec l'aiguille aimantée, c'est-à-dire le cap du navire.

Si, en effet, la variation ne changeait pas; si les courants et les écarts continus du navire, qu'il est toujours difficile de tenir exactement dans la même direction, ne tendaient pas à le faire sortir de la route qui lui est tracée, il arriverait directement très près du lieu que l'on veut atteindre en suivant la courbe loxodromique; mais, à cause de toutes ces erreurs, le navigateur doit toujours, à des intervalles assez rapprochés, observer sa longitude et sa latitude pour rectifier, ainsi que nous venons de le dire, la direction du bâtiment.

Enfin, souvent le vent s'oppose à ce que le bâtiment prenne la route directe; alors il est obligé de louvoyer. Dans ce cas, la route est toujours très-difficile à estimer, à cause de la dérive qui est souvent considérable, et enfin parce que l'on ne peut apprécier d'une manière exacte non-seulement tout ce que font perdre les variations du vent dans sa direction, mais encore le terrain perdu dans chaque évolution du vaisseau, lorsqu'il est obligé de virer de bord. Les louvoyages ne sont, en effet, profitables qu'autant que les bords, c'est-à-dire les distances parcourues en zig-zag perpendiculairement à la direction du vent, sont d'une bonne grandeur.

Un bâtiment est toujours en danger lorsque, surpris près des terres, il se trouve exposé à un vent violent qui le pousse à la côte. Par les mauvais temps, en effet, la solidité de la mâture ne permet que rarement d'établir beaucoup de voiles. Alors le vent, agissant avec toute sa force sur la masse du bâtiment, donne lieu à de fortes dérives faiblement compensées déjà par ce que l'on peut gagner par le louvoyage; et lorsque, en outre, les contours de la côte forcent le bâtiment à changer souvent d'allure en virant de bord, à chaque évolution il se trouve entraîné dans la direction du danger. Bientôt il ne lui restera d'autres ressources que celles de mouiller les ancres, qui soutiendront difficilement les efforts puissants d'un bâtiment ballotté à chaque instant par la grosse mer. Cette ressource extrême ne lui est même pas toujours accordée; car il peut arriver que, très près du danger, le fond soit trop profond pour permettre de l'atteindre avec une ancre.

V. DUMOULIN.

PRINCIPALES ROUTES DE NAVIGATION. — Dans l'excellent *Guide du Marin*, M. de Kerhalet a résumé les principaux résultats que l'on pouvait déduire des meilleures observations et surtout de la discussion des journaux de bord faite par le lieutenant Maury, pour faire, le plus avantageusement possible, les traversées les plus importantes.

La première question, dit-il, que doit se poser le capitaine d'un navire lorsqu'il entreprend une traversée d'un point du globe à un autre, est celle de choisir, autant qu'il est possible, la route la plus courte. Pour y parvenir, il faut mettre à profit les faits connus de physique du globe, tenir compte des vents et des courants qu'on pourra rencontrer.

Quand nous disons la route la plus courte, nous entendons parler de celle qu'on mettra le moins de temps à parcourir, par suite, surtout pour les navires à voiles, celle où l'on a le plus de chances de rencontrer des vents favorables. On peut, à ce sujet, poser les règles suivantes:

Se placer dans la zone où règnent les vents alizés (voy. VENTS), ou atteindre le plus tôt possible cette zone quand on voit naviguer de l'Est à l'Ouest; se tenir en dehors de cette zone quand on va de l'Ouest à l'Est, ou en sortir le plus rapidement possible quand on s'y trouve.

Quand on traverse du Nord au Sud ou réciproquement les zones des calmes qui avoisinent l'équateur et les tropiques, la règle est de les traverser le plus rapidement possible; dans ce but, selon le cas, on navigue du Nord au Sud ou du Sud au Nord, en évitant de faire des routes obliques dans ces régions; si on louvoie, il conviendra par suite de prendre la bordée qui fera faire le plus de Sud ou le plus de Nord.

La même règle doit encore guider le marin quand il traverse les zones des vents alizés; ici cependant il faut faire une route oblique et ne jamais chicaner le vent, c'est-à-dire qu'on doit porter toujours bon plein, afin de faire autant de chemin qu'on le pourra au Nord ou au Sud, tout en gagnant dans l'Est si cela est utile pour la traversée qu'on devra faire.

Dans certaines routes qui forcent à traverser obliquement les océans, comme celle du cap Horn en Europe, celle de l'Australie en Californie, etc., il faut de toute nécessité s'élever dans l'Est, soit dans la région des vents d'Ouest de l'hémisphère Sud, au sud du parallèle de 40° de latitude Sud, soit dans la région des vents d'Ouest de l'hémisphère Nord, au nord du parallèle de 40° de latitude Nord. En effet, il est évident qu'en traversant les zones des vents alizés, on ne peut pas gagner assez dans l'Est pour atteindre sa destination. En conséquence, il faut prendre le parti de s'élever à l'Est, soit au Sud de la zone des calmes du tropique du Capricorne, soit au nord de la même zone qu'on trouve aux environs du tropique du Cancer, parties des océans où les vents d'Ouest règnent à peu près d'une manière aussi constante et aussi régulière que les alizés du Nord-Est et du Sud-Est, dans les zones qui leur sont propres. Au départ, si l'on trouve les vents favorables pour gagner promptement la zone des vents d'Ouest dont nous venons de parler, il sera toujours convenable d'en profiter immédiatement, bien qu'en réalité, pour atteindre sa destination, on puisse faire indifféremment de l'Est dans l'hémisphère Sud ou dans l'hémisphère Nord.

Dans la navigation des navires à voiles près des côtes, il y a encore une règle qu'on doit observer; près de celles où les brises alternatives sont fraîches et régulièrement établies, il est avantageux de louvoyer à petite distance de la terre en se rapprochant de celle-ci vers le soir pour utiliser les brises de terre qui règnent pendant la nuit, et en s'en éloignant vers le matin pour utiliser la brise du large soufflant dans la journée.

Au contraire, lorsqu'on navigue pour se rendre d'un port à un autre situé sur la même côte, si les brises alternatives ne sont pas bien établies, que les vents de terre soient faibles pendant la nuit, qu'on trouve des courants contraires, que les vents soufflent à peu près constamment de la même direction défavorable à la route, on devra louvoyer en faisant des bords inégaux en durée, c'est-à-dire de longues bordées au large et de courtes bordées à terre, quelle que soit la distance qui sépare les deux ports.

Les observations précédentes ne s'appliquent qu'en partie aux navires à vapeur, dont les capitaines, disposant d'une force motrice indépendante des vents, possèdent des ressources bien plus grandes, pour traverser les océans, que les capitaines des navires à voiles. Ils ne seront plus arrêtés dans les zones de calme qu'ils devront traverser à la vapeur, et ils profiteront, en se servant de leurs voiles, des vents forts et favorables, quand ils auront atteint les zones où les vents soufflent régulièrement. S'ils ont une grande puissance de vapeur, ils pourront traverser sans peine, même avec des vents contraires, les parties des océans où les navires à voiles, sans avancer beaucoup, luttent souvent pendant beaucoup de temps.

Ainsi donc, si la plupart des routes convenables pour les navires à voiles peuvent être adoptées à la rigueur pour les navires à vapeur, lorsque ceux-ci ne

sont pas pressés par leur mission, et que pour économiser du charbon, ils doivent profiter des vents favorables de certaines régions ; toutefois, ces routes peuvent être modifiées utilement, à l'occasion, par des capitaines intelligents, surtout si elles s'écartent beaucoup de l'arc de grand cercle, dont nous allons parler, et que les navires à vapeur peuvent, et ont intérêt à suivre le plus généralement. Ainsi, pour éviter les zones de calme du tropique et de l'équateur, les navires à voiles sont contraints de faire souvent beaucoup de chemin en dehors de la route directe, tandis que ces zones de calme seront favorables à des navires à vapeur, et leur permettront d'attendre facilement des positions convenables pour couper ensuite avantageusement à la voile les zones des vents alizés, ou celles dans lesquelles sont établis les vents d'ouest.

Nous reviendrons sur la direction de la route suivie qui, ainsi qu'il a été dit plus haut, peut être ou la courbe nommée loxodromie ou un arc de grand cercle.

La route la plus courte, quant à la distance réelle, est celle par l'arc de grand cercle. Pour naviguer par l'arc de grand cercle, il faut modifier successivement le cap du navire, c'est-à-dire la direction qu'il suit. Dans certains cas, il est donc assez difficile, surtout avec un navire à voiles soumis à toutes les variations du vent, de suivre la route par l'arc de grand cercle ; souvent encore cette route coupe des terres qui forcent à la modifier. On conçoit facilement que l'on peut calculer l'angle que fait avec le méridien la route directe du point de départ au point d'arrivée, et chercher par quelles latitudes cette route coupe les méridiens intermédiaires.

M. Keller, ingénieur hydrographe, a fait construire un planisphère qui résout mécaniquement, d'une manière très rapide, cette question.

Dans la route loxodromique, on maintient le cap à une direction fixe, mais on en est écarté également, dans une foule de circonstances, par les courants, les vents, la dérive quand on gouverne au plus près, la négligence des timoniers, les lans du navire, les mouvements de la boussole, etc.

Il faut donc se rappeler qu'une ligne droite tracée sur une carte nautique n'indique pas la plus courte distance qui existe entre deux points ; aussi le marin doit-il s'efforcer de parcourir le chemin, distance représentée par cette ligne, suivant un certain nombre de routes successives qui s'approcheront autant que possible d'un arc de grand cercle.

NEIGE. Moyens de la détourner des tranchées des chemins de fer (Voir *Complément*, article NEIGE).

NICKEL. Le nickel est un métal découvert, en 1751, par Cronstedt ; il a beaucoup d'analogie avec le cobalt, et se trouve presque toujours dans les mêmes minerais. En réduisant l'oxyde du nickel par le charbon à une très haute température, on obtient le métal sous la forme d'un culot compact et fondu, qui est allié à une faible quantité de carbone. Dans cet état, il est d'un blanc gris, à peu près comme la platine, à cassure crochue. En le travaillant avec précaution à chaud, on peut le forger et le réduire en lames ; il prend alors la structure fibreuse. Il a à peu près la dureté du fer, se polit aisément, et acquiert alors beaucoup d'éclat. Fondu, sa densité = 8,402 ; et, par l'écrouissage, elle s'élève à 8,882.

Le nickel ne s'oxyde pas à l'air à la température ordinaire. Chauffé au rouge, il s'oxyde lentement à l'air, et décompose la vapeur d'eau, mais moins rapidement que le fer. Les acides minéraux le dissolvent aisément. Il précipite de leurs dissolutions l'argent, le cuivre, etc., et se combine directemeut avec le chlore, le soufre, le sélénium, le phosphore et l'arsenic.

Le nickel s'allie très bien avec le fer, le cobalt, le cuivre, l'antimoine, le zinc, l'étain, etc. On le trouve allié avec le fer dans les aérolithes. Parmi ces alliages, ceux qu'il forme avec le zinc et le cuivre, et qui portent le nom d'*argentan*, *packfong* ou *maillechort*, sont très employés dans les arts.

Oxydes de nickel. Les oxydes de nickel sont très facilement réduits par l'hydrogène, le carbone, le soufre, le phosphore et l'arsenic.

Le *protoxyde* est d'un beau vert tirant quelquefois sur le vert olive, infusible. Lorsqu'on le chauffe au rouge, au contact de l'air, il se change en protoxyde. Il se dissout aisément dans les acides minéraux. Il se compose de :

Nickel.	0,7871	Ni O.
Oxygène	0,2129	

On le prépare en calcinant le nitrate au blanc.

Son hydrate est d'un très beau vert pomme pâle, gélatineux et très léger. Il est soluble dans l'ammoniaque en donnant une dissolution d'un bleu verdâtre.

Le *peroxyde* est noir ainsi que son hydrate ; on l'obtient en grillant l'oxyde ou le nitrate au rouge. La chaleur blanche le ramène à l'état de protoxyde. Les acides et l'ammoniaque le dissolvent, en lui faisant subir la même réduction. Il renferme :

Nickel.	0,7414	$Ni^2 O^3$.
Oxygène. . . .	0,2886	

On obtient son hydrate en précipitant une dissolution de nickel par un hypochlorite alcalin.

Sels de nickel.

Tous les sels de nickel sont à base de protoxyde. Ceux qui sont solubles sont d'un très beau vert. Les sels insolubles qui contiennent de l'eau de cristallisation sont de la même couleur, mais les sels anhydres sont jaunes ou fauves. Les alcalis les précipitent en vert pomme ; leurs carbonates, en blanc verdâtre. L'ammoniaque caustique et carbonatée, en excès, redissolvent les précipités de nickel, en se colorant en bleu verdâtre. Les phosphates et arséniates alcalins, les précipitent en vert pâle ; le prussiate jaune, en blanc laiteux verdâtre, le prussiate rouge, en jaune verdâtre ; et les hydrosulfates, en noir. Lorsque ces dissolutions sont suffisamment acides, elles ne sont point troublées par l'hydrogène sulfuré.

Les sels de nickel ont une grande tendance à se combiner avec les sels alcalins, et particulièrement avec les sels ammoniacaux. Les sels doubles ainsi formés sont tous verts.

Les principaux composés de nickel sont les suivants :

Le *sulfure* correspondant au protoxyde, que l'on obtient par voie sèche en traitant du nickel ou son oxyde par un persulfure alcalin, est d'un jaune bronzé métallique, cassant, non magnétique. Sa densité = 5,76 ; il fond au blanc, et s'attaque par l'acide nitrique. Il se compose de :

Nickel	0,646	Ni S.
Soufre	0,354	

L'*arséniure* Ni^2 As, qui se prépare en réduisant l'arséniate au creuset brasqué et qui renferme 0,611 de nickel : il est différent des arseniures que l'on trouve dans la nature.

Et l'*arséniate* d'un vert clair, qui renferme 0,39 de nickel.

Minerais et leur traitement.

Les minerais de nickel accompagnent presque toujours les minerais de cobalt, ce sont :

L'*oxyde* et le *sulfure*. Très rares.

Le *kupfernickel* qui est un arséniure de la formule Ni As, et dans lequel le nickel est presque toujours en partie remplacé par du cobalt et du fer : sans cela il en renfermerait 44 p. 100 ; c'est le minerai de nickel le

plus abondant. Il est d'un gris rougeâtre métallique approchant du rouge de cuivre, amorphe, à cassure conchoïdale ou unie, très fragile ; les cassures fraîches se ternissent promptement à l'air. Il répand l'odeur d'ail par le choc du briquet. Sa densité = 7,3 à 7,6. Il est inattaquable par l'acide chlorhydrique et se dissout aisément dans l'acide nitrique.

Le *nickel arsenical* ou arséniure $Ni\,As^2$, renferme 0,29 de nickel, lorsque ce métal n'est pas en partie remplacé par du cobalt ou du fer. Il est d'un gris blanc.

Le *nickel gris* se compose de 1 équivalent de bisulfure et de 1 équivalent d'arséniure ou d'antimoniure de nickel. Il est d'un gris blanc métallique très éclatant.

L'*arséniate* est presque toujours adhérent au kupfernickel, et paraît provenir de sa décomposition spontanée.

Un minerai facile à traiter, l'hydro-silicate de nickel et de magnésie, sans trace d'arsenic, a été trouvé à la Nouvelle-Calédonie et a fait entrer dans le commerce un métal bien plus pur que celui employé auparavant, et l'industrie a pu faire emploi du nickel pur, qui est une substance précieuse à cause de son éclat, de sa dureté et de son inaltérabilité.

En effet il n'est pas oxydable par les agents atmosphériques ni dans les circonstances ordinaires de l'industrie ; il est plus infusible que le fer pur, presque autant que le platine. Il est plus malléable, bien plus ductible que le fer, plus résistant que ce métal dans le rapport de 3 à 2 ; mais ces propriétés n'appartiennent qu'au métal pur parfaitement débarrassé d'oxyde. Dès qu'il contient des matières étrangères, il devient aigre et, même à l'état de pureté, lorsqu'il est fondu, il devient cassant au point de ne pouvoir pas être forgé.

M Fleitmann a pensé que le nickel, en fondant, pouvait avoir absorbé une certaine quantité de gaz, comme l'argent dans la même circonstance, et il a été amené à croire que ce gaz pouvait être de l'oxyde de carbone ; il en a déduit que cet effet pourrait être empêché par l'addition d'un métal très oxydable, et l'expérience lui a donné un succès complet. Il suffit, en effet, de quelques millièmes de magnésium (le zinc produit le même effet) ajoutés au moment de la fusion, ou même de mélanger de la magnésie à l'oxyde de nickel qu'il s'agit de réduire, pour que le nickel sorte du creuset avec toutes ses propriétés et avec toute la malléabilité désirable. Le métal résultant de cette fonte ne contient point de magnésium, ou à peine quelques traces ; il est parfaitement ductible, malléable, peut être étiré en fils très fins, ou battu en feuilles extrêmement minces ; il possède surtout une propriété précieuse, celle de pouvoir se souder à chaud, soit avec lui-même soit avec le fer. C'est un exemple de plus de l'influence d'une minime quantité de matières pour modifier les qualités d'un produit.

Les minerais mélangés avec du minerai de cobalt sont traités ordinairement d'abord pour cobalt ; le nickel se concentre dans le *speiss* (voyez COBALT) et c'est ce dernier produit d'où l'on extrait le nickel. On traite aussi quelquefois directement le kupfernickel.

Un des procédés de traitement les plus simples consiste à fondre le speiss avec la moitié de son poids de carbonate de soude anhydre et autant de soufre. On concasse le culot obtenu, on le lave bien à l'eau chaude pour séparer les arsenio et antimonio-sulfures alcalins, puis on le traite à froid par l'acide sulfurique ou hydrochlorique un peu étendu, et on obtient un résidu de sulfure de nickel pur ou tout au plus mélangé de sulfure de cobalt, si le speiss renfermait encore de ce dernier métal. On grille ce sulfure complètement et on le réduit au creuset brasqué.

Dans les autres cas l'oxyde se traite par le charbon directement.

P. DEBETTE.

NICKELURE. L'emploi du nickel déposé galvaniquement à la surface d'objets de fer et d'acier pour les préserver de la rouille, sur du cuivre pour utiliser l'éclat et l'inaltérabilité de ce métal, est aujourd'hui fréquent. Le procédé employé avait été indiqué par Becquerel avant de nous revenir d'Amérique, ainsi qu'il a été dit à l'article DORURE.

NITRATES ou AZOTATES. (*angl.* nitrates, *all.* salpetersaüre salze). Les nitrates sont les sels formés par l'acide nitrique. Ils sont tous solubles dans l'eau, et fusent lorsqu'on les projette sur des charbons incandescents. Mêlés avec la limaille de cuivre et chauffés avec de l'acide sulfurique, ils donnent lieu à un dégagement de vapeurs rutilantes d'acide hyponitrique. La chaleur les décompose tout en laissant pour résidu tantôt de l'oxyde pur, tantôt le métal à l'état de liberté.

Les principaux nitrates sont les suivants :

NITRATE D'ARGENT. Ce sel qui se prépare en dissolvant de l'argent fin dans de l'acide nitrique, se trouve dans le commerce tantôt à l'état cristallisé et hydraté, sous la forme de larges plaques rhomboïdales ou hexaèdres, qui sont plutôt translucides que transparentes, et incolores ; tantôt à l'état anhydre fondu et coulé dans des lingotières sous la forme de cylindres d'un gris de perle : dans ce dernier cas, il porte le nom de *pierre infernale*. C'est le réactif le plus sûr que l'on puisse employer pour reconnaître dans un liquide la présence de l'acide chlorhydrique ou d'un chlorure ; il sert à marquer le linge, et est très employé en médecine comme cautérisant.

NITRATE DE CHAUX ET DE MAGNÉSIE. Ce sont les sels qui se forment en majeure partie dans les nitrières artificielles, et que l'on convertit ensuite en nitrate de potasse en les traitant par des lessives de carbonate ou de sulfate de potasse.

NITRATES DE MERCURE. Voyez MERCURE.

NITRATE DE PLOMB. Voyez PLOMB.

NITRATE DE POTASSE, NITRE, SALPÊTRE. Ce sel est très employé pour la fabrication de la poudre à tirer, celle des acides sulfurique et nitrique, etc... Sa préparation et sa purification se trouvent indiquées à l'article POUDRE. A l'état de pureté, le nitrate de potasse cristallise en longs prismes à six faces, terminés par un pointement à six faces, mais qui sont rarement réguliers, transparents et le plus souvent agglomérés de manière à paraître cannelés ou striés. Sa saveur est fraîche, salée et piquante, et il excite fortement la sécrétion de la salive ; il est très soluble dans l'eau, mais beaucoup plus à chaud qu'à froid. C'est un oxydant très énergique.

NITRATE DE SOUDE, NITRE CUBIQUE. Le nitrate de soude a été découvert, il y a quelques années, au Pérou, sous de l'argile, en couche d'une épaisseur variable, mais d'une étendue de plus de 500 kilomètres. On le substitue avec avantage au nitrate de potasse, par rapport à son prix moins élevé, dans plusieurs emplois, principalement dans la fabrication des acides sulfurique et nitrique. Il a une saveur fraîche, piquante et amère, et est très soluble dans l'eau. Il affecte la forme de prismes rhomboïdaux qui attirent l'humidité beaucoup plus rapidement que le nitrate de potasse, et qui sont par cela même beaucoup moins propres à la fabrication de la poudre.

ACIDE NITRIQUE, ACIDE AZOTIQUE (*angl.* nitric acid, *all.* salpetesaüre). La découverte de l'*acide nitrique* est due à Raymond de Lulle, l'un des plus célèbres alchimistes du moyen âge : c'est en distillant un mélange de nitre et d'argile qu'il obtint ce nouveau corps qu'on désigna dans le principe sous les noms d'*acide du nitre* et d'*eau forte ;* mais c'est Cavendish qui découvrit le premier la véritable nature de cet acide. Ce chimiste célèbre détermina même assez exactement les proportions de ses principes constituants.

L'acide nitrique est le plus oxygéné des oxydes de

l'azote ; son nom, qui lui a été donné par Lavoisier, est tiré de *nitre*, nom qu'on donnait anciennement au salpêtre ou nitrate de potasse ; mais comme son radical réel est l'*azote*, on doit l'appeler *acide azotique*, et c'est ainsi qu'on commence à le nommer généralement pour se conformer à la nomenclature actuelle.

M. Gay-Lussac, par des expériences faites avec le plus grand soin, a trouvé que l'acide nitrique était formé en volumes, de 100 d'*azote* et de 250 d'*oxygène*, ou bien :

1 équivalent d'azote. .	177,02,	en centièmes.	26,15
5 équival. d'oxygène. .	500,00,	—	73,85
	677,02		100,00

Telle est la composition de l'acide sec, mais ce corps ne peut exister à cet état, à moins d'être combiné à certains oxydes, et le plus pur qu'on puisse obtenir renferme toujours près de 15 p. 100 d'eau ; la composition de cet hydrate est la suivante :

1 équivalent d'acide anhydre. . .	677,02	85,75
1 — d'eau — . . .	112,48	14,25
	789,50	100,00

Cet acide hydraté est une véritable combinaison d'acide sec et d'eau, il est liquide à la température ordinaire, blanc, possédant une odeur désagréable ; très avide d'eau, il fume à l'air, il désagrège fortement les matières organiques qu'il colore en jaune.

La pesanteur de cet acide est de 1,513 à 18° C., il bout à 86°, sous la pression de $0^m,76$ de mercure, et il se congèle en masse peu consistante vers 50° au-dessous de 0.

Une température élevée, la lumière solaire et tous les corps avides d'oxygène le décomposent avec la plus grande facilité, et c'est à ses propriétés oxygénantes qu'il doit une grande partie de ses applications dans les laboratoires et dans les arts.

L'acide nitrique est miscible à l'eau en toutes proportions ; à mesure qu'une addition de ce liquide le rend plus faible, son point d'ébullition s'élève progressivement jusqu'à 120°.

Le tableau suivant donne le point d'ébullition de cet acide à divers degrés :

Densité.	*Point d'ébullition.*	*Nom de l'observateur.*
1,51	86°	Thénard.
1,50	99°	Dalton.
1,45	115°	—
1,42	120°	—
1,40	119°	—
1,35	117°	—
1,30	113°	—
1,20	108°	—
1,15	104°	—

Voici maintenant la table de la richesse du même acide à divers degrés de densité pour la température de 19° C. :

Densité.	*Acide sec p. 100 parties.*	*Nom de l'observateur.*
1,513	85,7	Calculée.
1,498	84,2	Thénard.
1,478	72,9	—
1,434	62,9	—
1,422	61,9	—
1,376	51,9	—

L'acide nitrique le plus concentré marque 51° à 52° Beaumé, il doit être conservé à l'abri de la lumière qui le colore en le décomposant partiellement.

L'acide concentré du commerce marque 36° B. seulement, car au lieu d'un équivalent d'eau il en renferme environ quatre.

La préparation de l'acide nitrique se faisait autrefois, en grand, à l'aide du procédé de Raymond de Lulle, c'est-à-dire en décomposant le salpêtre par l'argile : on employait des cornues en grès rangées dans des fourneaux de galère qui en contenaient huit à dix de chaque côté. Dans cette opération, il se faisait du silicate et de l'aluminate de potasse qui restaient dans la cornue, et de l'acide nitrique qui distillait et était reçu dans des récipients également en grès. Comme l'argile et le nitrate de potasse employés ne contenaient de l'eau qu'accidentellement, presque tout l'acide nitrique qui se dégageait se décomposait, et on peut dire que l'opération ne marchait bien que par exception. Aujourd'hui, la préparation de l'acide nitrique a lieu en traitant les nitrates de potasse ou de soude par l'acide sulfurique ; le dernier de ces sels donne, à poids égal, plus d'acide que le salpêtre ; mais le sulfate obtenu pour résidu a moins de valeur que le sulfate de potasse, aussi l'équilibre tend-il à s'établir dans les deux cas

Le nitrate de potasse est composé .

D'un équivalent d'acide nitrique. .	677	1266,9
Et d'un équivalent de potasse. . .	589,9	

Le nitrate de soude renferme :

Un équivalent d'acide nitrique. . .	677	1067
Un équivalent de soude.	390	

Ainsi, 1067 parties en poids de nitrate de soude contiennent la même quantité d'acide nitrique sec que 1267 parties de nitrate de potasse.

Pour un équivalent de ces nitrates on emploie deux équivalents d'acide sulfurique ; le résidu est formé de bi-sulfate potassique.

Si on emploie le nitrate de potasse, on prendra :

Un équivalent de nitrate de potasse. . .	1267	2944
Deux équivalents d'acide sulfurique. .	1227	
Quatre équivalents d'eau.	450	

Les quatre équivalents d'eau sont placés dans les vases où doit se condenser l'acide nitrique.

On obtient par la distillation :

Un équivalent d'acide nitrique sec.	677	1352	2944
Six équival. d'eau.	675		
Un équival. de bisulfate de potasse.		1592	

Si on fait usage du nitrate de soude, on doit prendre :

Un équivalent de nitrate de soude. . .	1067	2744
Deux équival. d'acide sulfurique. . .	1227	
Quatre équival. d'eau.	550	

Le résultat sera :

Un équivalent d'acide nitrique. .	677	1352	2744
Six équival. d'eau.	675		
Un équival. de bi-sulfate de soude.		1392	

L'attaque du nitrate par l'acide sulfurique se fait dans des cylindres, en fonte grise, semblables en tout point à ceux employés pour la préparation de l'*acide* HYDROCHLORIQUE.

La condensation de l'acide a lieu dans des bonbonnes en grès contenant l'eau nécessaire, c'est-à-dire quatre équivalents pour un de nitrate, car l'acide qui distille n'en renferme que deux, et celui qu'il faut obtenir doit en renfermer six.

Dans le commencement de la distillation il se dégage des vapeurs rutilantes d'acide hypo-nitrique, car l'acide nitrique qui est mis en liberté ne trouve pas d'abord l'eau qui lui est nécessaire pour rester stable ; cette eau étant retenue énergiquement par l'acide sulfurique, mais aussitôt qu'il s'est formé du sulfate, l'eau mise en liberté s'unit à l'acide nitrique, qui va se condenser dans les bonbonnes, sous forme de vapeurs blanches. A la fin de l'opération, il y a aussi production de vapeurs rouges et cela pour la même cause : à cette époque encore, il ne se trouve plus assez d'eau pour empêcher l'acide nitrique de se décomposer.

On n'emploie, dans cette préparation, que de l'acide sulfurique concentré, car cet acide étendu détruirait très rapidement les cylindres ; il est vrai que dans ce dernier cas il empêcherait la production de vapeurs ra-

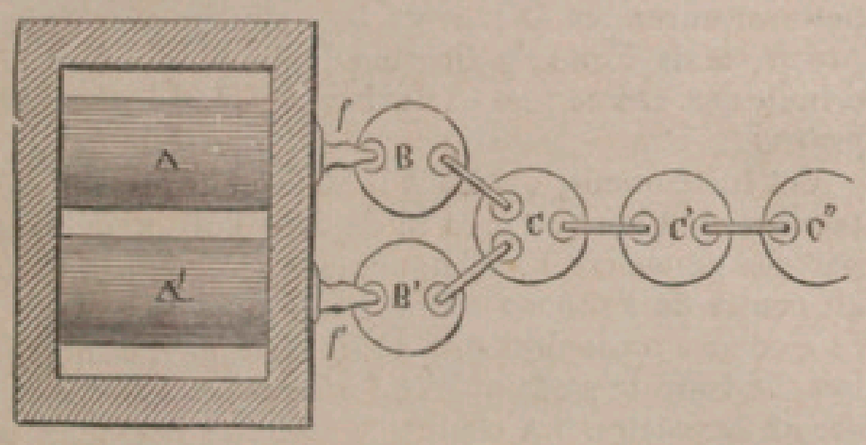
tilantes et par conséquent diminuerait la perte d'acide nitrique. Il est nécessaire d'employer deux équivalents d'acide sulfurique concentré au lieu d'un, parce que dans la réaction il se forme toujours un bi-sulfate, et jamais de sulfate neutre.

L'acide nitrique obtenu de cette manière n'est pas pur, il contient toujours de l'acide hypo-nitrique qui le colore en jaune, un peu d'acide sulfurique entraîné pendant la distillation, et du chlore provenant du sel marin contenu dans les nitrates employés.

Pour décolorer cet acide, on le fait bouillir dans des bonbonnes plongées dans un bain d'eau chauffé à 100°, et les vapeurs rutilantes, qui lui donnaient une teinte ambrée, se dégagent. Si cette opération se fait dans une fabrique d'acide sulfurique, on dirige les vapeurs nitreuses dans les chambres de plomb. Quand on veut avoir l'acide nitrique exempt de chlore et d'acide sulfurique, on y ajoute un peu de nitrate de plomb qui donne naissance à du chlorure et à du sulfate de plomb, puis on distille. C'est surtout dans la fabrication de l'acide sulfurique concentré que l'acide nitrique renfermant du chlore, est d'un emploi dangereux, car le vase de platine qui sert à la concentration est rapidement détruit par ce chlore ; aussi, les fabricants d'acide sulfurique doivent-ils épurer le nitrate de soude ou de potasse qu'ils emploient pour faire leur acide nitrique, afin d'en séparer le chlorure de sodium qui s'y trouve toujours. Cette épuration doit se faire en soumettant le nitrate à des lavages méthodiques ; en évaporant les eaux de lavage, le chlorure de sodium se précipite, ou le sépare des eaux concentrées qui, par cristallisation, donnent ensuite du nitrate pur.

L'appareil producteur est, comme nous l'avons dit, complétement semblable à celui qui sert à fabriquer l'acide hydrochlorique ; seulement, les allonges qui conduisent les gaz des cylindres dans les tonnes de lavage sont en verre, ce qui permet de suivre les différentes phases des opérations.

La disposition des bonbonnes de condensation est également changée, la fig. 1949 présente en plan cette disposition ; on a supposé enlevée la voûte du fourneau qui recouvre les cylindres indiqués par les lettres A et A'. Comme on le voit, chaque four à son appareil de condensation et chaque cylindre son laveur. Les lettres



1949,

f et *f'*, indiquent les allonges en verre, celles B et B' les laveurs ; les bonbonnes où se condensent les gaz lavés sont représentées par les lettres C, C', C'', etc. ; elles communiquent entre elles par des tubes de verre ou de grès. Cette disposition exige, comme celle adoptée, généralement pour la condensation de l'acide hydrochlorique, un dérangement continuel quand l'eau de chaque bonbonne est saturée d'acide nitrique, aussi fait-on usage quelquefois de touries portant une tubulure inférieure à laquelle on fixe un robinet en verre ou en grès qui sert à prendre l'acide concentré pour en remplir les dames-jeannes d'emballage. Une tubulure supérieure additionnelle sert à remplacer l'acide soutiré par de l'eau pure.

L'emploi des condenseurs cylindriques dont on fait usage en Angleterre pourrait être avantageux si leurs prix n'était pas si élevé chez nous.

Nous terminerons en disant un mot des modifications apportées, par quelques industriels, dans l'appareil où se fait la décomposition du nitrate par l'acide sulfurique.

On a donné un foyer spécial à chaque cylindre ; ces cylindres, dont les dimensions ont été augmentées, sont maintenant formés de deux demi-cylindres s'emboîtant l'un dans l'autre. La partie supérieure a été garnie d'une voûte intérieure en briques, pour empêcher les vapeurs d'acide nitrique de corroder la fonte, car c'est toujours par le haut que les cylindres ordinaires se trouvent attaqués ; cette partie du cylindre ainsi protégée dure indéfiniment, et quand la partie inférieure est détruite on la remplace par un autr demi-cylindre.

La réunion des deux parties du cylindre se fait à emboîtement, et les joints sont garnis de plomb ou d'une poudre formée de verre et de borax, qui se fond pendant l'opération, sans que les gaz puissent s'échapper.

L'emploi de cylindres en fonte émaillés à l'intérieur, a été tenté, mais les essais n'ont pas réussi.

L'acide nitrique a des usages nombreux ; on l'emploie pour la fabrication des acides sulfurique et oxalique, etc., on en fait usage pour la préparation des nitrates, pour l'essai des monnaies, le départ de l'or. La gravure sur cuivre, la formation du deutoxyde de mercure, celle de l'eau régale et la teinture en utilisent des quantités notables. F. CH. KNAB.

NIVELLEMENT, LEVÉ DES PLANS, ARPENTAGE. L'établissement de la plupart des constructions agricoles ou industrielles, entraîne nécessairement l'exécution de modifications plus ou moins profondes des formes naturelles du terrain. Pour se rendre compte de la possibilité des travaux à exécuter, de leur importance, du volume des terres à déplacer, et, par suite, de la dépense probable de l'ouvrage, il est indispensable d'avoir, avant tout, un moyen précis de représentation de la surface du sol qui permette de comparer les formes actuelles à celles que l'on veut y substituer ; et, ensuite, de calculer les volumes de terres à déplacer pour obtenir la transformation désirée.

Les méthodes à employer, pour atteindre le but que nous venons d'indiquer, étant à peu près les mêmes, soit qu'il s'agisse de l'établissement des canaux d'une usine hydraulique, de la construction d'un chemin de fer, d'une route ordinaire, de l'étude d'un marais à dessécher, d'une prairie à arroser, ou de tout autre travail, nous décrirons d'une manière générale, mais exclusivement pratique, les procédés de nivellement et de levé qui permettent de résoudre les questions de cette nature.

Dans un certain nombre de cas, et pour la plupart des transactions journalières, il est nécessaire de connaître la position en plan d'un certain nombre de points de la surface du sol ; dans certaines circonstances, on peut même se dispenser de représenter graphiquement le terrain donné et se borner à tracer sur place les lignes géométriques nécessaires à l'évaluation de la surface d'un polygone donné. Le levé des plans, réduit à l'arpentage dans ce dernier cas, fournit alors tous les renseignements nécessaires.

Mais il arrive souvent qu'il ne suffit pas de connaître la position *en plan* de certains points de la surface terrestre, et qu'il est nécessaire de connaître, en outre, leurs hauteurs relatives. L'opération du *nivellement* devient alors indispensable.

Les opérations du levé des plans et du nivellement, dans les limites des besoins de la pratique industrielle, sont extrêmement simples et n'exigent d'autres connaissances que les principes les plus élémentaires de

géométrie et l'habitude du calcul arithmétique. On a si souvent besoin d'y recourir qu'il a paru utile d'exposer la pratique de ces opérations dans le *Dictionnaire des Arts et manufactures*.

Dans ce qui va suivre, on s'occupera d'abord du levé des plans et de l'arpentage, puis du nivellement proprement dit, et enfin des méthodes de *cubatures* au moyen desquelles on calcule les volumes de déblais et de remblais des terrassements.

I. LEVÉ DES PLANS. Les opérations de levés de plan de grandes étendues de terrain, dans lesquelles il est indispensable de tenir compte de la sphéricité du globe terrestre, sont du domaine de la *géodésie*. Nous n'indiquerons pas ici les méthodes de calcul et les soins multipliés que nécessitent les travaux de cette nature, dont l'exécution est, en France, exclusivement confiée aux corps les plus savants. Nous parlerons seulement des opérations dans lesquelles l'étendue de terrain considérée est assez restreinte pour que l'on puisse négliger la sphéricité du globe, et qui sont du domaine de la *topographie*.

Les opérations de levés de plan, quel que soit le but spécial auquel on les applique, consistent, en principe, à considérer les points remarquables de la surface du sol que l'on veut rapporter sur la carte, comme reliés entre eux par des lignes formant des triangles dont on mesure assez d'éléments, angles ou côtés, pour pouvoir construire sur le papier des triangles *semblables* à ceux que l'on considère, et réduits dans la proportion indiquée par *l'échelle* adoptée.

A mesure que les dimensions des triangles diminuent, les opérations deviennent en général plus simples et plus faciles, les résultats des observations courent de moins en moins de risque d'être altérés par l'accumulation des erreurs de lecture, ou par la multiplication de ces erreurs combinées dans les calculs. Il s'ensuit que l'on peut avec moins d'inconvénient y employer des instruments d'une exactitude moins rigoureuse et des procédés plus expéditifs et plus simples. Qu'il s'agisse, du reste, de levés topographiques ou géodésiques, les opérations se réduisent toujours à mesurer des distances ou des angles. On doit donc décrire les instruments les plus habituellement employés dans chacune de ces opérations.

Mesure des distances. Dans les opérations délicates, lorsqu'il s'agit, par exemple, de mesurer un côté du premier triangle d'un réseau géodésique, on se sert de 3 ou 4 règles que l'on applique successivement les unes à la suite des autres, suivant la ligne que l'on veut mesurer, et qui a été préalablement jalonnée sur le terrain avec un soin tout particulier. Nous ne décrirons pas ici les appareils employés ordinairement dans ces opérations et les difficultés de toute sorte que présente la mesure d'une base. Nous n'aurions même pas parlé de l'emploi des *règles* pour la mesure des grandes distances, dans les opérations les plus délicates de géodésie et d'astronomie, si nous n'avions voulu signaler, en passant, un moyen ingénieux de mesurer avec une grande précision une certaine longueur avec une *seule règle*. Ce moyen, imaginé par M. Porro, peut s'appliquer à la mesure exacte de toute espèce de longueur sur le terrain, et paraît susceptible par sa simplicité d'un assez grand nombre d'applications usuelles à la pratique des constructions.

L'appareil à mesurer les bases de M. Porro se compose d'une règle en bois verni de 3 ou 4 mètres de longueur, portant à chacune de ses extrémités une division en dixièmes de millimètre. Cette règle est posée sur deux supports à trépied, établis à peu près horizontalement et sur lesquels on place en même temps que la règle deux *microscopes*. Au foyer de l'objectif de ces microscopes se trouvent des fils extrêmement fins, formant réticule; on lit dans chaque microscope la division sur laquelle tombent les fils. La distance entre les fils des deux microscopes est évidemment égale à la longueur de la portée de la règle (mesurée une fois pour toutes), comprise entre les zéros des petites échelles des extrémités, augmentée du nombre de millimètres lus sur chacune de ces échelles. La lecture faite, on enlève la règle, on porte le premier trépied et son microscope en avant du deuxième trépied que l'on évite soigneusement de déplacer, on pose la règle dans cette seconde position et l'on fait une seconde lecture, qui donne encore la distance du deuxième microscope au troisième point. Le deuxième microscope n'ayant point été déplacé, il est clair que la position du fil du réticule n'a pas changé et que, dès lors, la distance du premier au troisième point est égale à la somme des distances données par les deux groupes de lectures. En répétant la même série d'opérations, on peut évidemment mesurer toute longueur donnée.

La règle porte un niveau qui indique son inclinaison, pour que l'on puisse, par le calcul, ramener à l'horizontale les longueurs observées. La monture des microscopes porte en outre des échelles qui permettent d'évaluer l'angle de la règle avec la direction rigoureuse de la ligne à mesurer. Un calcul très-simple permet encore de ramener les longueurs observées à ce qu'elles seraient, si la règle avait été rigoureusement placée dans l'alignement voulu.

Les microscopes, que M. Porro appelle *panfocaux*, permettent de lire de près ou de loin de fines divisions. Quand on commence la mesure, on amène donc le fil de l'instrument exactement au-dessus du trait gravé dans une cheville de cuivre scellée dans la borne qui forme l'origine de la longueur à mesurer, et ensuite, on place la règle pour procéder comme on vient de l'indiquer.

On ne saurait faire comprendre sans figures les dispositions qui permettent de régler les instruments et de faire les diverses lectures relatives aux corrections d'inclinaison ou d'alignement. Ces détails seraient d'ailleurs superflus ici, mais il était nécessaire d'indiquer l'heureuse solution du problème de la mesure d'une longueur avec une seule règle, et en évitant toute espèce de moyen matériel de repérage des positions successives de l'appareil, pendant la durée de l'épreuve.

Dans les opérations ordinaires, on n'emploie pas, pour mesurer les distances, les moyens extrêmement précis, mais d'une application délicate, que l'on vient d'indiquer. On se sert exclusivement de la *chaîne d'arpenteur*.

Cet instrument, que tout le monde connaît, se compose de chaînons en gros fil de fer réunis deux à deux par des anneaux. La distance du centre d'un anneau au centre de l'anneau suivant est de $0^m,20$. La chaîne se compose ordinairement de 50 chaînons, et quelquefois de 100, de sorte qu'elle forme un *décamètre* ou un *double décamètre*. La chaîne se termine par deux poignées qui servent à la manier. De dehors en dehors de ces poignées la chaîne doit avoir exactement $10^m,005$, on verra tout à l'heure pourquoi. Les mètres sont marqués sur la chaîne par un anneau de laiton, et les 5 mètres par une pièce spéciale également en laiton. Une bonne chaîne de 10 mètres coûte de 4 à 6 francs, suivant la force et le fini du travail.

Les chaînes d'arpenteur s'allongent rapidement par l'usage, les anneaux et les boucles des chaînons s'ovalisent sous les efforts de traction auxquels ils sont nécessairement soumis. Il est indispensable de vérifier la chaîne après chaque opération un peu prolongée. Les personnes qui sont obligées de faire un usage fréquent de la chaîne d'arpenteur doivent sceller dans un mur ou sur un parquet deux forts pitons en fer, sur lesquels il suffit de présenter la chaîne pour constater son allongement.

L'allongement souvent considérable des chaînes d'arpenteur est un inconvénient sérieux, que les constructeurs ont souvent cherché à faire disparaître par des dispositions plus ou moins compliquées. On commence à employer des décamètres dits *rubans d'acier*, formés d'un seul morceau de ressort trempé et recuit au bleu, et terminés par deux poignées en cuivre. Les mètres et les décimètres sont indiqués par de petits disques en laiton rivés sur la chaîne. Ces décamètres sont d'un prix élevé (12 à 18 fr.) et se brisent assez facilement. Ils ne conviennent que pour des opérations délicates et exécutées par des opérateurs habiles.

Nous ne décrirons pas d'autres systèmes de chaînes inextensibles, toutes celles que nous connaissons sont d'une construction trop compliquée pour répondre aux besoins de la pratique.

Inutile d'ajouter que l'emploi des roulettes à ruban ne peut donner que de mauvais résultats pour les opérations de levé exécutées sur le terrain, au milieu de broussailles, dans l'humidité, etc.

Pour mesurer une distance avec la chaîne, on commence par la jalonner, c'est-à-dire que l'on place entre les deux points extrêmes de la ligne un nombre de jalons suffisant pour que les chaîneurs puissent en apercevoir constamment au moins deux à la fois. La personne qui dirige le chaînage se place alors au premier jalon et maintient la poignée au point de départ de l'opération, pendant que son aide marche en avant dans l'alignement, en tenant l'autre poignée. Cet aide tend la chaîne, en évitant tout ce qui pourrait déterminer des sinuosités et en dégageant surtout les nœuds qui se seraient formés pendant le mouvement de la chaîne; puis plaçant d'une main la poignée à fleur du sol, et s'effaçant afin que l'autre agent puisse voir si cette poignée est bien dans la ligne allant du premier au deuxième jalon, il enfonce en terre, à l'*intérieur* de la poignée, une petite broche en fer appelée *fiche*. Cette fiche sera le point de départ à partir duquel, pour la mesure du second décamètre, recommencera la même série d'opérations. La fiche se trouvant encore à l'intérieur de la poignée à la seconde opération, on voit que l'on perd à chaque décamètre deux fois l'épaisseur du fil de la poignée, ce qui explique l'excédant de longueur de $0^m,005$ que l'on donne aux chaînes de dehors en dehors des poignées. L'agent principal, après la mesure de chaque décamètre, enlève la fiche enfoncée en terre par son aide. Lorsqu'il a dix fiches en main il les lui remet de nouveau, et inscrit immédiatement une dizaine de décamètres ou *portée*.

Quand le terrain est très ondulé, on tend la chaîne aussi horizontalement que possible au-dessus de ces ondulations, en s'aidant de deux jalons bien droits que l'on tient à la main. Mais quand le terrain est régulièrement incliné, il vaut mieux mesurer sa longueur réelle suivant la pente et la réduire ensuite par le calcul à l'horizontale.

La lenteur, la difficulté et le peu d'exactitude des opérations de chaînage ont fait penser, depuis bien longtemps, à l'emploi de moyens plus expéditifs et plus sûrs pour mesurer les distances. De toutes les méthodes proposées la seule qui soit jusqu'à présent applicable aux opérations topographiques est l'emploi de la *stadia*.

Si plusieurs objets de grandeurs différentes sont embrassés par le même angle visuel, les distances de ces objets au sommet de l'angle visuel seront évidemment proportionnelles aux grandeurs respectives des objets eux-mêmes. C'est le principe de la stadia. Cet appareil se compose donc d'une règle divisée et d'une lunette, au foyer de l'objectif de laquelle on place des fils micrométriques entre lesquels vient se former l'image de la mire.

La graduation de la mire et la disposition des fils peuvent se faire de différentes manières.

Imaginons d'abord que deux fils parallèles soient fixés au réticule d'une lunette astronomique, comme celle que l'on met ordinairement aux niveaux ou autres instruments de cette nature, et plaçons à une distance de 100 ou 200 mètres très exactement mesurée, en avant de cette lunette, une règle en bois de 2 ou 3 mètres de hauteur et de $0^m,1$ de largeur. Il sera facile, en plaçant l'œil à la lunette, de faire marquer sur cette règle par un aide l'intervalle compris entre les fils. En faisant successivement la même opération pour des distances connues de plus en plus rapprochées, il sera facile de graduer complétement la règle. Il suffira ensuite, pour estimer une distance, de lire sur quelles divisions de cette règle tombent les fils de la lunette.

La méthode que l'on vient d'indiquer exige une règle à divisions spéciales pour chaque lunette et inégales entre elles; on préfère ordinairement se servir des règles métriques des mires parlantes ordinaires. A cet effet, on mesure très exactement sur le terrain, à partir de la lunette, une série de distances croissant de mètre en mètre, de 2 mètres en 2 mètres, ou de 5 mètres en 5 mètres, suivant le grossissement de l'instrument. On transporte successivement, et à plusieurs reprises, pour prendre la moyenne des observations, la mire à chacun des points marqués sur le sol, puis, vis-à-vis de la distance connue, inscrite d'avance dans la première colonne d'un tableau disposé à cet effet, on note le nombre de centimètres et la fraction de centimètre comprise entre les fils. Enfin on complète la table ainsi dressée au moyen d'interpolations. Pour mesurer alors au moyen de l'instrument une distance inconnue, comprise entre la lunette et la mire, il suffit de compter le nombre de centimètres interceptés entre les fils, de chercher ce nombre dans la table dressée une fois pour toutes, et de lire dans la colonne voisine la distance cherchée.

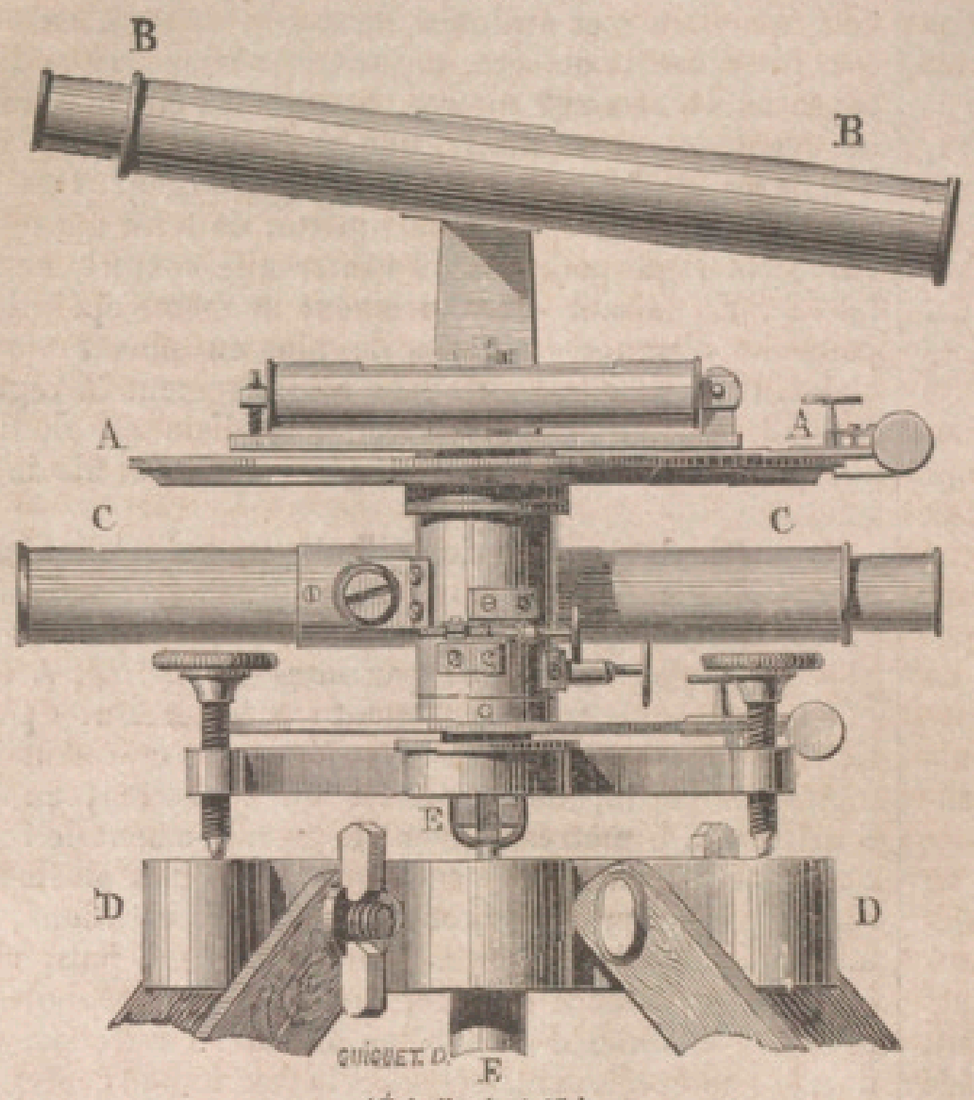
Quelques opticiens ont eu l'idée de rendre mobiles les fils du réticule des lunettes destinées à mesurer les distances. L'opération se réduit alors à amener ces fils à la distance nécessaire pour qu'ils embrassent exactement un intervalle constant tracé d'avance sur une règle en bois. On lit l'écartement des fils sur le micromètre qui les met en mouvement, et on en déduit la distance à l'aide d'une table dressée expérimentalement, comme on vient de l'indiquer.

M. Porro, qui s'est spécialement occupé des lunettes de stadia, a apporté de notables perfectionnements à leur construction. Par l'addition d'un système optique, dit *anallatique*, aux lunettes ordinaires, et par plusieurs autres modifications ingénieuses de cet instrument, M. Porro parvient à obtenir les distances avec une précision de beaucoup supérieure à celle que l'on peut attendre de l'emploi de la chaîne, et dispense de l'usage de tables et de mires spéciales (1). La lecture d'une mire parlante métrique ordinaire donne immédiatement, en mètres, les distances cherchées. Malheureusement les instruments de M. Porro sont d'un prix fort élevé et n'offrent pas, jusqu'à présent, le degré de solidité et de simplicité que réclament les applications usuelles. Mais en montrant la possibilité d'une solution rigoureuse propre à transformer les procédés du levé, M. Porro a rendu un véritable service, et nous savons que l'on trouvera sous peu dans le commerce, à des prix modérés, des lunettes de stadia donnant immédiatement les distances avec un degré de précision au moins égal à ce que peut fournir la chaîne d'arpenteur. Ces instruments apporteront une grande économie dans tous les travaux de levé, où le chaînage entraîne à des frais considérables, à des pertes de temps

(1) On trouvera dans les *Annales des ponts et chaussées*, année 1832, tome III, les calculs relatifs à ce sujet.

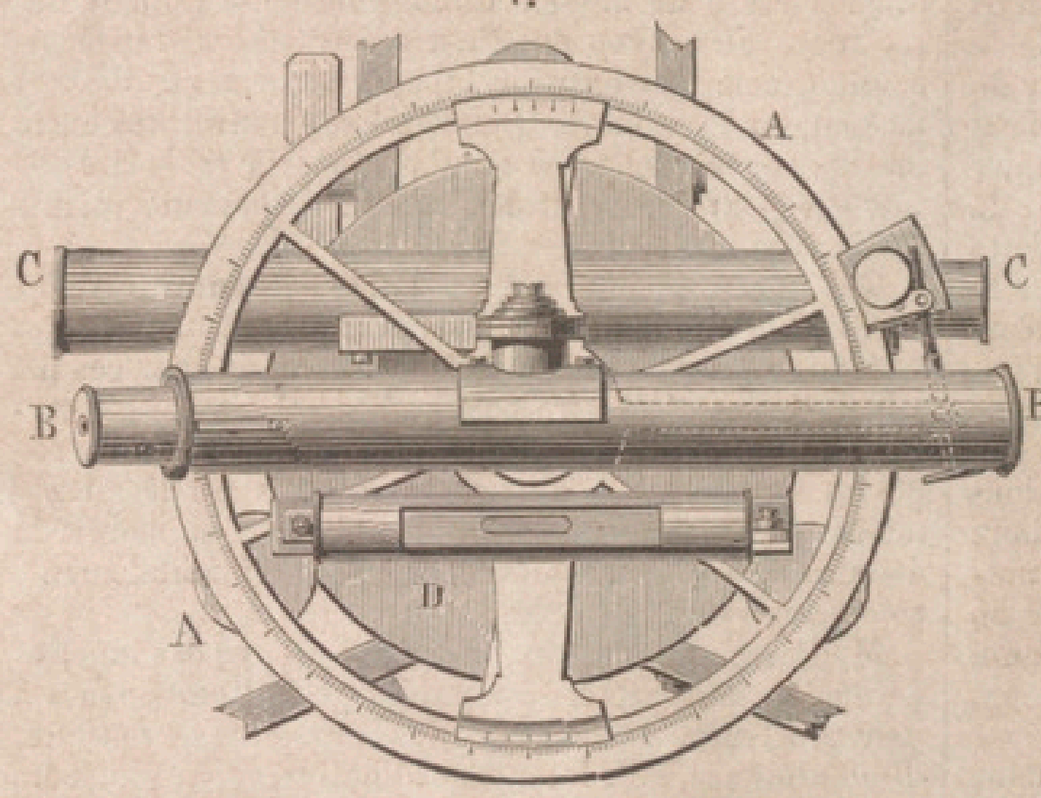
énormes et à des erreurs extrêmement fréquentes.

Mesure des angles. Dans les opérations qui exigent beaucoup de précision, on ne peut employer que des instruments pouvant répéter les angles. Dans les grandes opérations géodésiques on se sert du théodolite. Dans les opérations topographiques délicates on emploie des cercles répétiteurs d'une construction plus ou moins simplifiée. L'un des instruments de cette espèce les plus commodes et les mieux établis est représenté avec détails par les figures 1, 2, 3.

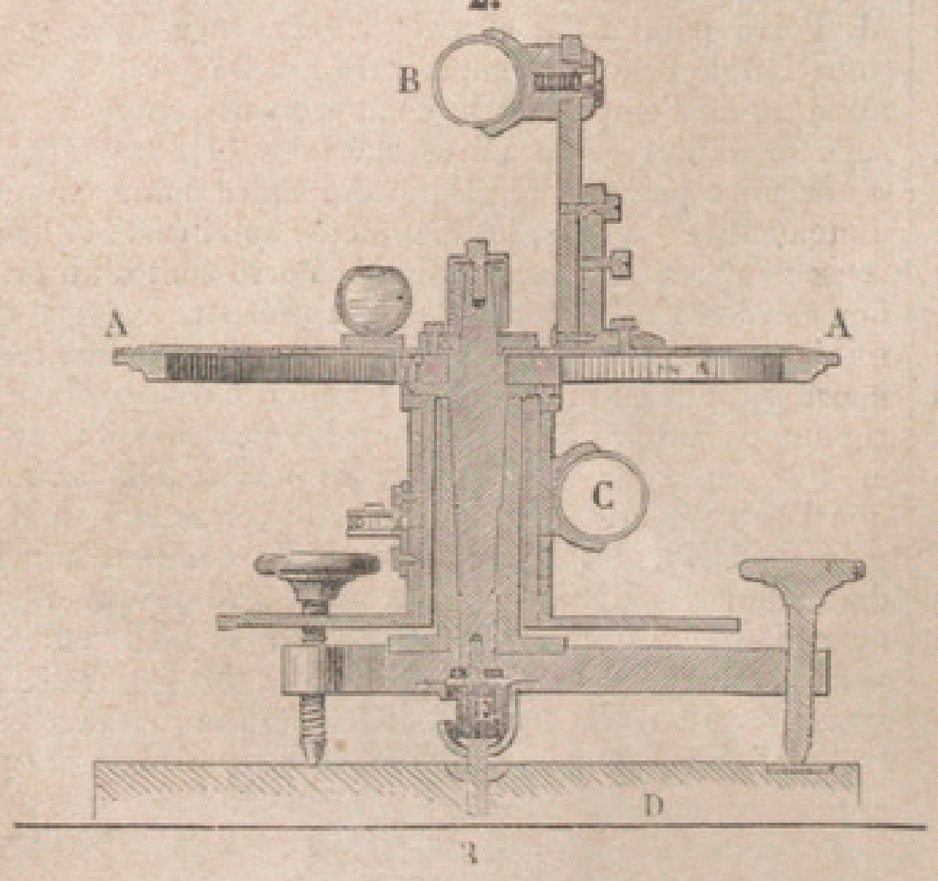


(Échelle de 0,25.)

1.



2.



3

L'instrument, dans les opérations sur le terrain, est fixé par un ressort à pompe E, E sur le plateau D d'un pied à trois branches. On donne au cercle divisé une position rigoureusement horizontale au moyen des trois vis calantes qui supportent l'instrument.

Le limbe gradué horizontal A, la lunette C, peuvent être rendus solidaires et recevoir un mouvement général de rotation autour de l'axe vertical de l'instrument ; on peut également arrêter le mouvement du limbe gradué et faire tourner la lunette C autour de l'axe de l'instrument indépendamment de ce limbe. La lunette B portée par les verniers peut recevoir avec eux un mouvement indépendant de celui du limbe et aussi de la lunette C. Cette lunette peut d'ailleurs se mouvoir dans un plan vertical, de sorte que les lectures faites sur le limbe donnent la valeur des angles réduits à l'horizon.

Cela posé, il est facile de comprendre l'emploi de cet instrument. Les verniers étant amenés sur le 0° du limbe, on dirige la lunette inférieure de repère sur l'un des deux objets dont on veut évaluer l'écartement angulaire, celui de gauche par exemple, et la lunette des verniers sur l'objet de droite. On fixe alors les verniers sur le limbe et la lunette inférieure sur la pièce creuse qui supporte le même limbe, puis on imprime à tout le système un mouvement général qui ramène la lunette inférieure sur l'objet de droite ; on arrête alors le mouvement général du limbe, puis on desserre la vis qui rendait les verniers solidaires avec lui, et on ramène la lunette supérieure sur l'objet de gauche. L'espace angulaire qu'elle parcourt alors est *double* de l'angle cherché, comme il est facile de s'en assurer, en faisant la figure des diverses opérations que l'on vient de décrire. En répétant une seconde fois la même manœuvre on obtient l'angle quadruple de l'angle cherché ; puis l'angle sextuple, et ainsi de suite. Une seule opération suffit presque toujours pour les levés ordinaires, quand l'instrument est passablement construit.

Le *graphomètre*, que tout le monde connaît, n'a pas la précision de l'instrument précédent. C'est un simple demi-cercle gradué muni de deux alidades, l'une fixe et l'autre mobile. Le limbe gradué est porté par un genou à coquille qui permet de le placer dans un plan à peu près horizontal. L'extrémité de l'alidade mobile porte un vernier qui donne les fractions des plus petites divisions du limbe. Quelques graphomètres sont munis d'une petite boussole logée dans l'intérieur du limbe.

On remplace dans quelques graphomètres les alidades par des lunettes. Cette disposition ne paraît pas devoir être recommandée, elle augmente beaucoup le prix de l'instrument sans accroître son degré de précision. Quand on ne recule pas devant cette dépense, il convient de préférer un cercle répétiteur simplifié dont le prix n'est pas de beaucoup supérieur aux graphomètres à lunettes et à niveaux, et

dont l'emploi permet d'obtenir autant d'exactitude qu'on le désire.

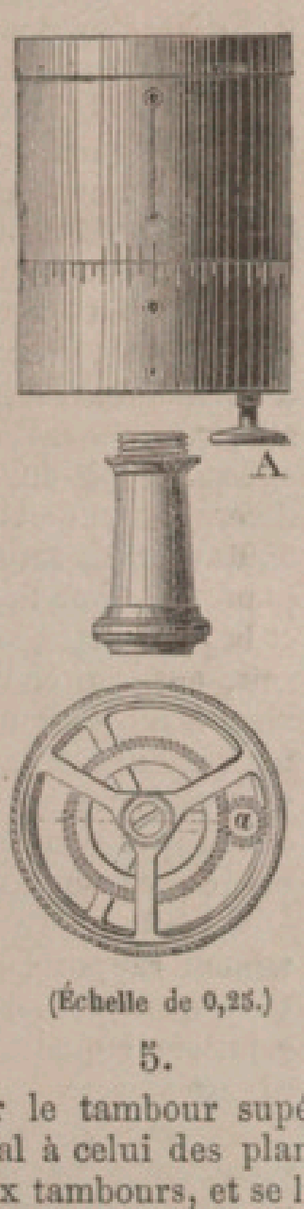
Les graphomètres à alidades les plus commodes ont $0^m,22$ de diamètre. Ils valent de 40 à 70 fr. la pièce, suivant le degré de fini du travail.

Lorsqu'on vérifie un graphomètre, il faut s'assurer :

1° Que le 0 de chacun des verniers de l'alidade mobile coïncide avec les zéros du limbe, quand les lignes de visée de l'alidade fixe et de l'alidade mobile sont dans un même plan.

2° Que le centre de rotation de l'alidade mobile coïncide avec le centre du limbe gradué. Pour effectuer cette seconde vérification, on mesure successivement les angles d'une série d'objets, pris deux à deux dans divers azimuts, en plaçant alternativement le limbe de l'instrument, pour chaque angle, à droite et à gauche de l'observateur. Les valeurs des angles faites dans chacune de ces deux positions doivent coïncider, lorsque l'instrument est bien construit. Pour donner une idée de la valeur des erreurs qui pourraient résulter du vice de construction que nous signalons, nous dirons qu'une excentricité de $0^m,002$ ferait commettre pour des objets situés à 5 mètres de l'instrument une erreur de 1' 24". On pourrait encore obtenir une mesure sensiblement exacte avec un instrument présentant ce défaut, en prenant la moyenne des lectures faites dans deux positions du limbe. Avec cette précaution, l'erreur ne pourrait, dans le cas le plus défavorable, avec les circonstances extrêmes que nous venons de prendre pour exemple, dépasser 0"033, c'est-à-dire qu'elle serait de beaucoup inférieure aux erreurs de lecture. Mais le graphomètre étant surtout un instrument destiné aux opérations rapides, on devrait rejeter ceux qui ne pourraient supporter la seconde vérification que nous venons d'indiquer.

On se sert très souvent, dans les opérations ordinaires, du pantomètre de Fouquier. C'est un des instruments les plus commodes à manier et des plus convenables pour les travaux usuels. Il se compose (fig. 4 et 5) de deux tambours cylindriques. Le tambour inférieur porte une douille qui se fixe sur un piquet vertical. Le tambour supérieur peut tourner autour d'un axe qui lui est commun avec le tambour inférieur. Ce mouvement lui est communiqué à l'aide d'une roue dentée et d'un pignon *a* (fig. 5), dont l'arbre porte un bouton A que l'on aperçoit sur la fig. 4.



(Échelle de 0,25.)

5.

Chacun des deux tambours est percé, dans deux plans diamétraux perpendiculaires, de fenêtres et de fentes formant deux à deux un système d'alidades. On vise l'un des objets dont on veut déterminer l'angle à l'aide de la fente et du fil placés dans le plan des 0 de la division du tambour inférieur, et on amène sur l'autre objet la fente et le fil répondant au 0 du vernier tracé sur le tambour supérieur. L'angle cherché est alors égal à celui des plans diamétraux correspondants des deux tambours, et se lit directement à l'aide des divisions dont ils sont garnis.

On place quelquefois au-dessus des pantomètres une boîte de boussole. Cette addition peut être utile dans certaines circonstances. On ajoute aussi à quelques pantomètres une petite lunette pour remplacer le plan de visée formé par une fente et un fil et un système de calage plus ou moins compliqué. Ces additions augmentent le prix des instruments et lui ôtent le caractère de simplicité qui fait son mérite principal; nous les croyons plus nuisibles qu'utiles dans le plus grand nombre des cas, et surtout pour les opérateurs expérimentés et attentifs. Un pantomètre ordinaire coûte 35 à 40 francs avec son bâton ferré.

L'équerre d'arpenteur sert à tracer des angles droits sur le terrain. C'est un pantomètre formé d'un seul tambour. Cet instrument est trop connu pour que nous le décrivions; nous conseillerons seulement de choisir des équerres cylindriques de 6 à 7 centimètres de diamètre, à fentes et à fenêtres, leur usage est beaucoup plus commode que celui des équerres à fentes seules. Une bonne équerre et son bâton ferré coûtent de 7 à 10 francs.

Cet instrument si simple permet de résoudre facilement sur le terrain un grand nombre de problèmes, parmi lesquels nous citerons les suivants, qu'il suffit d'énoncer pour que chacun puisse les résoudre en s'aidant des principes fondamentaux de la théorie des parallèles :

1° Mener une parallèle à une droite accessible;

2° Mesurer la distance d'un point inaccessible A au point B où l'on se trouve;

3° La distance de deux points inaccessibles, A et C,

4° Mener une parallèle à une droite inaccessible AB, par le point H;

5° Prolonger une droite au delà d'un obstacle infranchissable.

Enfin, il sert à décomposer une surface irrégulière en parties faciles à mesurer, comme on le verra en parlant de l'arpentage.

La *boussole* fournit encore un moyen précieux de mesurer les angles; elle est exclusivement employée dans les levés de bois, de carrières et de mines.

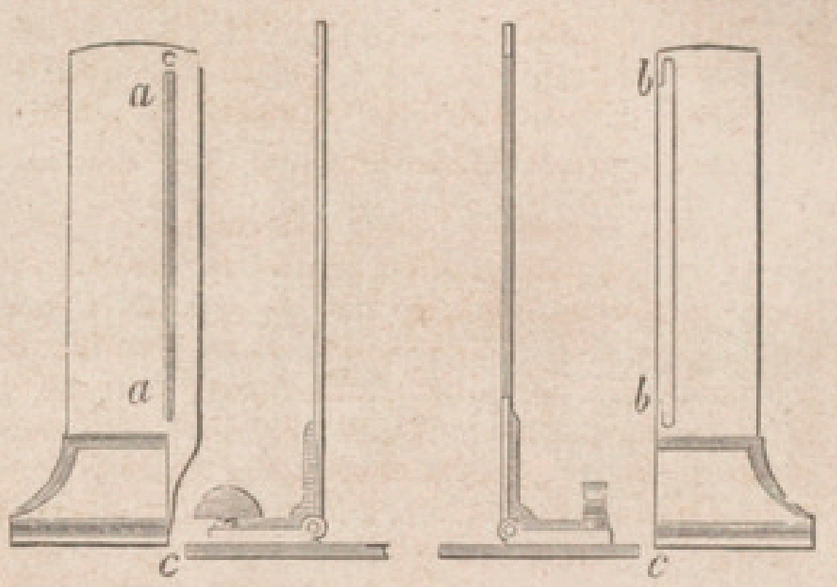
L'aiguille aimantée donnant une direction que l'on peut regarder comme constante dans des lieux très voisins et pendant la durée d'un levé, on comprend qu'il suffit d'avoir une lunette ou une alidade restant constamment parallèle à la ligne des zéros du limbe de l'aiguille et de viser successivement divers objets pour obtenir, par la position de la pointe de l'aiguille au moment de chaque visée, l'angle de cette ligne de visée avec la ligne méridienne, et par suite, au moyen des soustractions, l'angle des divers lignes du visée entre elles.

Dans la plupart des boussoles de levé, dont nous croyons inutile de reproduire la figure, l'aiguille aimantée est renfermée dans une boîte rectangulaire sur l'un des côtés de laquelle se trouve une alidade ou une lunette. La boussole se pose comme le graphomètre sur un pied à trois branches. Il faut que la pointe du pivot de l'aiguille coïncide parfaitement avec le centre du limbe gradué, et que, dans toutes les positions, les pointes de l'aiguille tombent sur des divisions du limbe distantes de 180°. La vérification de ces deux conditions est trop simple pour qu'il soit nécessaire de s'arrêter à l'expliquer.

Les instruments que l'on vient de décrire donnent la valeur numérique des angles que l'on veut lever, mais il faut ensuite, quand on veut rapporter le plan, tracer en vraie grandeur, sur le papier, avec un rapporteur, les angles observés, ou bien s'en servir pour calculer les côtés des triangles que l'on construit alors à l'échelle. Pour éviter ce double travail, on emploie souvent, pour l'exécution des plans de détail peu étendus et construits à grande échelle, un ensemble d'instruments qui permettent de tracer immédiatement les angles observés en vraie grandeur, sans même se préoccuper de leurs valeurs numériques. C'est la méthode connue sous le nom de levé à la planchette, et que nous allons décrire.

La *planchette* proprement dite n'est autre chose qu'une planche légère à dessiner, en bois blanc, montée sur un fort genou à la Cugnot, pouvant tourner autour d'un axe vertical, et supportée par un pied à six branches ; on tend sur cette planche le papier où l'on veut tracer le plan ; aux extrémités et au-dessous de la planchette sont quelquefois disposés des rouleaux en bois, sur lesquels on enroule une bande de papier sans fin, lorsque le plan à lever a une longueur considérable par rapport à sa largeur.

L'instrument essentiel dans le levé à la planchette est l'alidade, règle en métal, garnie de pinnules formant un plan de visée passant par le bord de la règle. Les pinnules (fig. 6) sont fixées à charnières sur



Vue de face de la pinnule à fenêtre. Vue de côté des pinnules. Vue de face de la pinnule à fil.

(Échelle de 0,25.)

6.

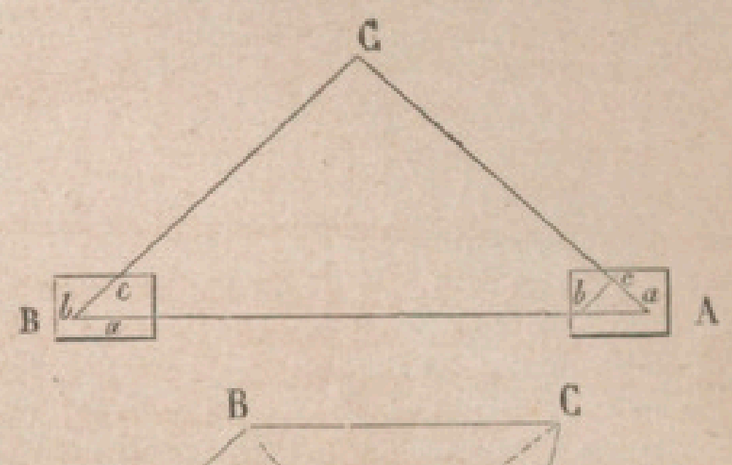
la règle *cc* qui les supporte. On les rabat sur cette règle pour transporter l'instrument ; de petits taquets les maintiennent verticales pendant les observations. L'une des pinnules est garnie d'une fente étroite à bords noircis *aa* près de laquelle on place l'œil ; l'autre porte un fil fin *bb* qui détermine avec la fenêtre le plan de visée. Dans quelques instruments on remplace par une lunette le plan de visée donné par les pinnules que l'on vient de décrire.

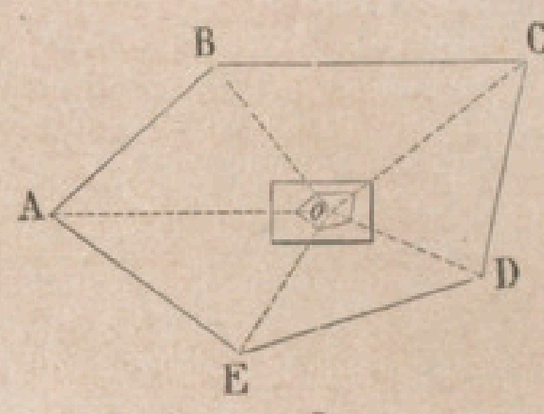
L'alidade posée sur la planchette permet donc de tracer sur le papier l'intersection du plan de visée avec le plan de la planchette proprement dite. On se sert encore comme accessoires, dans le levé qui nous occupe, d'un petit niveau à bulle d'air, servant à mettre la planchette à peu près horizontale, et pour l'orienter, d'une boussole d'une forme particulière, appelée déclinatoire. Une planchette très soignée, avec genou à la Cugnot, coûte 80 à 90 francs ; l'alidade à pinnules, 15 à 20 francs ; l'alidade à lunette, 35 à 40 francs, et enfin le déclinatoire 10 à 12 francs.

Pour lever à la planchette le plan d'un triangle A, B, C (fig. 7), on établit d'abord la planchette horizontalement au dessus du point B, puis par la projection *b* du point B, que l'on marque sur la planchette en y enfonçant verticalement une aiguille fine, on trace, au moyen de l'alidade, deux lignes droites dirigées vers les points A et C. On mesure la distance B A, et l'on reporte sur la ligne de visée allant de *b* à A une longueur *a b* représentant à l'échelle du plan la distance A B. On transporte alors l'instrument au point A, et on le dispose de manière que le point *a* se trouve exactement au-dessus de A (quand la planchette est horizontale), et la ligne *a b* dans la direction de A B. La planchette se trouve ainsi placée et *orientée*. On vise le point C, et le point *c*, projection sur la planchette du point C, résulte de l'intersection des rayons visuels menés de B et de A vers C.

Dans cette opération, les angles A et B auront été déterminés par la méthode du *cheminement*, et l'angle C par la méthode des intersections. Pour compléter le levé du triangle par la méthode du cheminement, on devrait se transposer en C, et y opérer, comme on

7.





8

vient de l'indiquer, en A. Les mesures des longueurs A C, B C, et de l'angle C donneraient une triple vérification de la position du point de projection *c*.

Il existe un autre procédé pour lever rapidement, à la planchette, un contour polygonal qui peut être parcouru dans toutes les directions menées d'un point intérieur aux divers sommets à déterminer. Il consiste à établir la planchette en ce point intérieur *o* (fig. 8), à tracer sur le papier les directions allant de ce point aux divers sommets A, B, C, D, E ; à mesurer les longueurs comprises sur ces directions entre la station et les points observés, et à rapporter ces longueurs sur les lignes correspondantes préalablement tracées.

En plaçant dans la lunette de l'alidade deux fils pour la mesure des distances, on peut rendre extrêmement rapide le levé à la planchette, et supprimer l'un des deux porte-chaînes que l'on emploie ordinairement. L'opérateur, avec une *alidade à stadia*, n'a besoin que d'un manœuvre pour porter la mire aux points à observer.

Les détails dans lesquels on est entré en parlant des divers instruments dont il vient d'être question font suffisamment comprendre comment on pourra lever un plan, soit avec la chaîne seulement, soit avec la chaîne et la planchette, soit avec la chaîne et le graphomètre, soit, enfin, avec l'un quelconque des instruments servant à mesurer une distance, et l'un quelconque des instruments servant à mesurer les angles. Les principes sont toujours les mêmes, quel que soit le degré de précision que l'on veut atteindre ; les précautions que l'on prend sont seules différentes.

Quand on lève à la planchette, le plan est immédiatement rapporté sur le papier. Avec les autres instruments, on se borne à faire un croquis à vue du terrain, sur lequel on inscrit les angles et les longueurs mesurés.

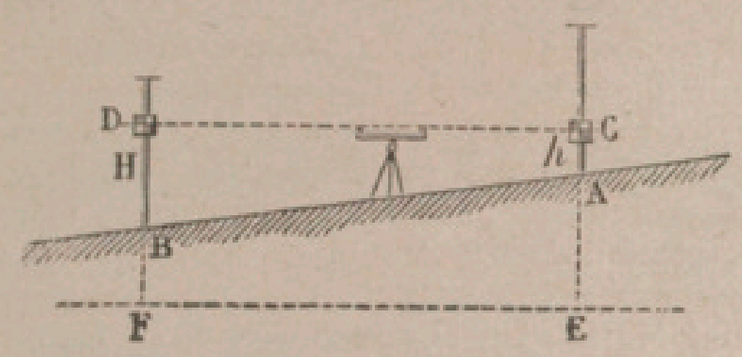
Quelle que soit la méthode de levé que l'on emploie, nous ne saurions assez recommander de tenir un carnet résumant systématiquement les données du croquis ou de la minute de la planchette. Les feuilles de droite du calepin de levé peuvent être réservées pour les croquis, et les feuilles de gauche divisées en colonnes portant les indications suivantes, dont l'emploi se comprend sans nouvelle explication.

DÉSIGNATION des STATIONS.	DÉSIGNATION des CÔTÉS.	LONGUEURS des côtés.	ANGLES formés par les lignes d'opération : entre elles.	ANGLES formés par les lignes d'opération : avec le méridien magnétique.	OBSERVATIONS.

II. NIVELLEMENT. Pour déterminer complétement la position des divers points dans l'espace, il faut connaître, non-seulement la position de ces points en plan, mais encore leurs hauteurs relatives. On obtient ce nouvel élément de détermination en mesurant la hauteur de ces divers points au-dessus ou au-dessous d'une même surface de niveau.

L'opération élémentaire consiste à déterminer ces hauteurs pour deux points : c'est ce que l'on appelle un nivellement simple.

L'observateur étant en A (fig. 9), et l'instrument donnant une ligne de niveau *cd*, on place successive-



ment aux points C et D un voyant mobile le long d'une tige verticale. Quand le centre du voyant se trouve à la hauteur de la ligne de niveau *cd*, on mesure directement les longueurs des tiges H et *h* comprises entre le centre du voyant et les points C et D. La différence H-*h* donne la hauteur du point A au dessous du point B.

Lorsque la distance du point C au point D est un peu considérable, il est nécessaire, à moins que l'instrument ne soit au milieu de la distance qui sépare les deux points donnés, de tenir compte de la déviation que les lignes de visée éprouvent dans l'atmosphère, et de la sphéricité du globe ; car les hauteurs relatives des divers points que l'on compare doivent être rapportées à la surface d'un sphéroïde parallèle à celui des mers, et non pas au plan que fournit la ligne de visée de nos instruments.

Les cotes observées directement, en procédant comme on vient de l'expliquer, sont dites cotes de *niveau apparent*. Les cotes de niveau vrai sont celles que l'on déduit des cotes observées, en y appliquant la double correction relative à la sphéricité terrestre et à la réfraction.

Il est inutile d'indiquer ici les calculs relatifs à ces divers genres de correction. Le tableau suivant en donne les résultats moyens pour quelques-unes des distances ordinaires d'observation.

On voit, par ce tableau, que les corrections dont il s'agit sont tout à fait négligeables, lorsqu'on ne s'écarte pas assez du milieu de la ligne qui joint les points pour que la différence des lignes de visée n'excède pas 30 ou 40 mètres, ce que l'on peut toujours obtenir dans les opérations pratiques, à moins de circonstances tout à fait exceptionnelles.

DISTANCES en MÈTRES.	CORRECTION relative à la sphéricité terrestre.	CORRECTION relative à la réfraction atmosphérique.	DIFFÉRENCE des deux effets, ou élévation du niveau apparent au-dessus du niveau vrai.
40	0,0001	0,0000	0,0001
60	0,0003	0,0001	0,0002
80	0,0005	0,0001	0,0004
100	0,0008	0,0001	0,0007
120	0,0011	0,0002	0,0009
140	0,0015	0,0002	0,0013
160	0,0020	0,0003	0,0017
180	0,0025	0,0004	0,0021
200	0,0031	0,0005	0,0026
300	0,0071	0,0011	0,0059
400	0,0126	0,0020	0,0106
500	0,0196	0,0031	0,0165

Niveaux. On se sert, pour déterminer le plan de visée, d'instruments plus ou moins perfectionnés. Ceux que l'on désigne sous le nom de niveaux à lunette et à bulle d'air donnent généralement les résultats les plus précis. Leur usage se multiplie chaque jour davantage. Nous ferons d'abord connaître les deux instruments de cette espèce les plus fréquemment employés.

Le niveau à bulle d'air, partie essentielle des instruments que nous allons décrire, et que l'on retrouve dans tous les instruments de physique, se compose d'un tube de verre de forme à peu près cylindrique, presque entièrement rempli d'un liquide, formé hermétiquement à ses deux bouts, et dans lequel on laisse un petit espace occupé par une bulle d'air. Supposons d'ailleurs que ce tube a une légère courbure dans le sens de sa longueur. Si, plaçant ce tube dans une position à peu près horizontale, la convexité de la courbure intérieure tournée vers le haut, on incline plus ou moins le tube, de telle manière cependant que la bulle n'atteigne pas les extrémités, la tangente à la courbe intérieure sera, dans toutes les positions du tube, horizontale au point où la bulle s'arrêtera. C'est sur cette observation qu'est fondé l'emploi de ce petit instrument. La courbure intérieure du tube a, dans les niveaux ordinaires, un rayon d'environ 15 mètres. L'instrument est d'autant plus sensible que cette courbure est plus faible, mais en même temps ses indications sont moins rapides, ce qui oblige à s'arrêter à peu près à la limite que nous venons d'indiquer. Les constructeurs soigneux donnent à leurs tubes de niveau la courbure intérieure régulière et déterminée qu'ils doivent avoir, au moyen d'un travail de rodage particulier. Mais la plupart des niveaux que l'on trouve dans le commerce sont fabriqués avec des bouts de tubes de verre ordinaire, présentant naturellement ou autrement une certaine courbure.

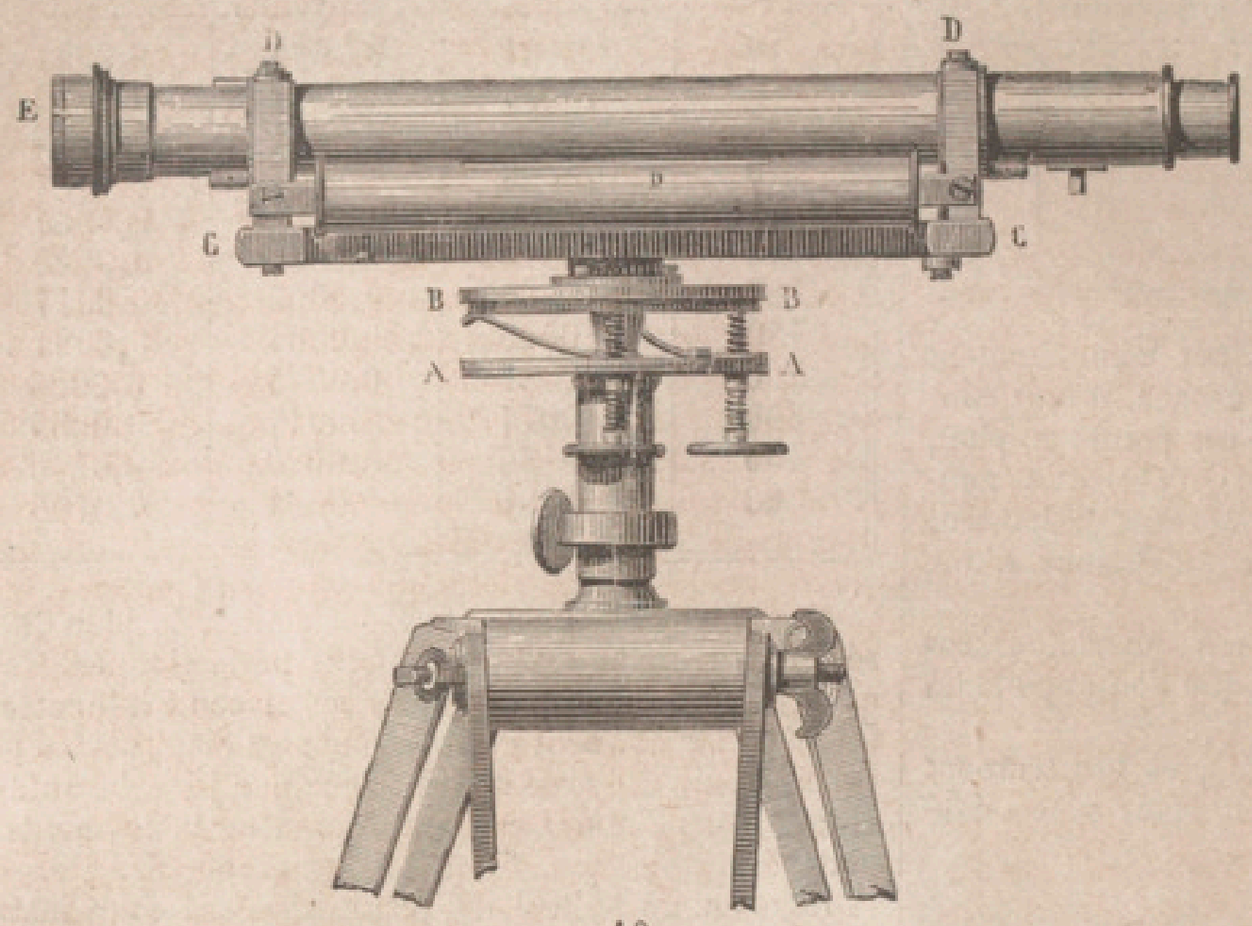
Le liquide des tubes de niveau doit présenter une grande mobilité, et pouvoir en même temps résister aux plus grands froids. On emploie ordinairement de l'alcool ou de l'éther, ou mieux, un mélange de ces deux liquides. Depuis quelque temps, on remplit les tubes de niveau avec du sulfure de carbone, liquide qui présente sur les précédents, pour cette application spéciale, une supériorité très marquée.

Le niveau à lunette d'Egault et celui de Lenoir sont les deux systèmes les plus fréquemment employés aujourd'hui. On va les décrire l'un après l'autre.

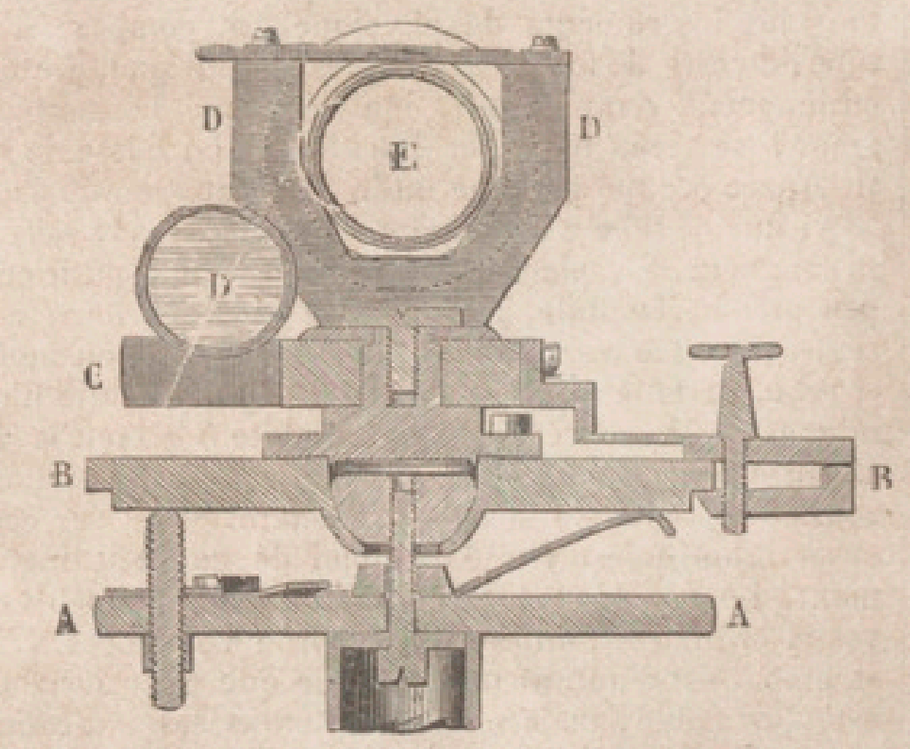
1. Le niveau d'Egault (fig. 10 et 11) se compose de deux tablettes circulaires : la première, AA, est établie à angle droit, au moyen d'une douille, sur le goujon d'un pied à trois doubles branches. La seconde, BB, dont le centre est placé à un ou deux centimètres au-dessus de la

NIVELLEMENT.

première, est rattachée à celle-ci par une noix hémisphérique fixée à l'extrémité d'une vis qui traverse la tablette inférieure, comme l'indique nettement la coupe à grande échelle (fig. 11). L'écartement entre les deux tablettes et la position des plans de ces tablettes sont modifiés au moyen de deux vis et de deux ressorts.



10.



11.

D'après ces dispositions, le goujon du pied fût-il sensiblement éloigné de la position verticale, rien ne s'oppose à ce que le plateau supérieur soit rendu horizontal.

Dans un certain nombre de niveaux, le plateau supérieur est directement porté par un pied à trois vis calantes, comme le cercle du niveau de Lenoir, dont on parlera plus loin. Les instruments portés ainsi sur trois vis calantes ont en général plus de stabilité que ceux à deux vis et à deux ressorts disposés comme le montre notre figure, mais ces derniers sont presque toujours préférés par les opérateurs, à cause de la facilité et de la promptitude de leur mise en station. On exécute du reste maintenant un système de calage sans ressorts qui offre par conséquent la stabilité des trépieds, et qui ne porte cependant que deux vis placées dans des plans diamétraux perpendiculaires.

Quelles que soient les dispositions de calage adoptées, les pièces placées au-dessus du plateau supérieur sont toujours les mêmes, dans tous les instruments disposés dans le système de M. Égault. Au centre de ce plateau s'élève à angle droit un axe d'une épaisseur presque égale à sa hauteur, autour duquel peut tourner un bâti, auquel est fixé le niveau à bulle. Aux extrémités de ce bâti s'élèvent les deux collets D, qui supportent la lunette.

Lorsque l'instrument a été réglé, la tangente au sommet de la bulle d'air, les génératrices passant par les points de contact correspondant de la lunette avec les collets, l'axe de la lunette et le plateau supérieur doivent tous se trouver dans des plans parallèles, et ces plans parallèles suivent tous les mouvements que l'on imprime au plateau. Il suffit donc, quand l'instrument est réglé, pour rendre l'axe de la lunette horizontal, de rendre horizontal le plateau supérieur lui-même. Pour obtenir ce résultat, on se sert des deux vis et des deux ressorts interposés entre les plateaux. On place la lunette à peu près dans le plan d'un ressort et d'une vis, que l'on fait tourner jusqu'à ce que la bulle du niveau soit amenée au milieu du tube, entre les repères gravés à sa surface. On fait faire alors à la lunette et au bâti un quart de révolution pour les amener dans le plan du second ressort et de la seconde vis, et, à l'aide de celle-ci, on amène la bulle entre ses repères dans cette nouvelle position. Il arrive rarement que le plateau inférieur soit rigoureusement horizontal après ces deux premières opérations, on imprime donc au bâti un second mouvement de révolution de 90° dans le *même sens* que le premier, pour le ramener dans le plan du premier ressort et de la première vis. Un léger mouvement de cette vis suffit alors en général pour ramener la bulle entre les repères. Quand cette condition est remplie, on fait encore faire au bâti un quart de révolution, et dans cette quatrième position on ramène encore la buile entre des repères à l'aide de la deuxième vis. Quand le niveau est en bon état, on peut alors placer le bâti et sa lunette dans tous les azimuts sans que la bulle s'écarte sensiblement de ses repères. Si l'instrument est bien réglé, l'axe de la lunette dans toutes ces positions est horizontal, et l'on peut dès lors s'en servir pour déterminer, comme on l'a dit en commençant, la différence de deux points visibles du lieu de la station.

Mais il se pourrait que l'instrument ne fût pas réglé, il faut alors qu'il présente toutes les facilités désirables pour qu'on le puisse régler soi-même. La mise en état d'un niveau d'Égault résulte de quatre opérations distinctes :

1° L'établissement du parallélisme entre le plan du plateau supérieur et le plan tangent, au milieu de la courbure intérieure du niveau à bulle, que nous appellerons le plan de niveau de la bulle d'air;

2° L'établissement du parallélisme entre le plan de niveau de la bulle d'air et les génératrices passant par les points de contact des collets;

3° Le centrage de la lunette;

4° La vérification de l'égalité des collets.

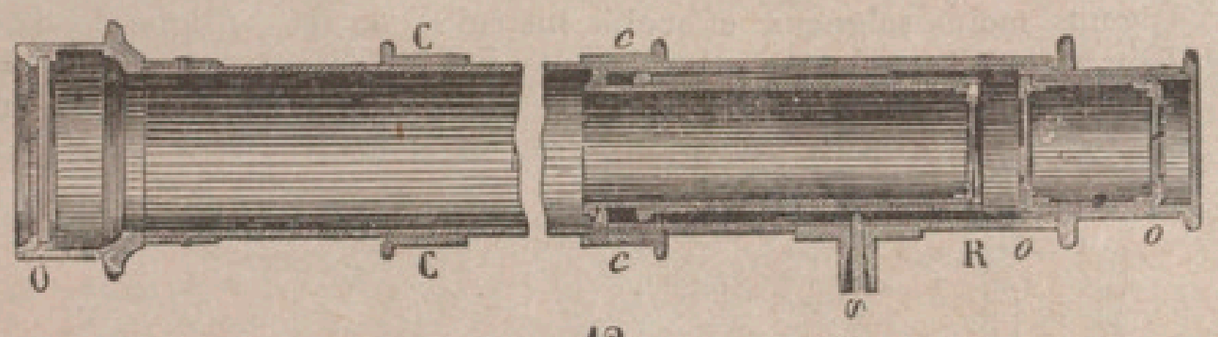
1re *opération*. Si la bulle d'air n'est point parallèle au plateau supérieur, en faisant décrire au bâti qui la supporte un angle de 180° autour de son axe, la bulle changera de position. La position de la bulle, avant et après la demi-révolution, indiquera quelle est l'extrémité du tube qui se trouve la plus élevée au-dessus du plateau, et alors, en manœuvrant la vis qui se trouve à l'une des extrémités de ce tube, on amènera la bulle à être parallèle au plan du plateau. Cela fait, on pourra rendre ce plateau horizontal par le procédé indiqué

ci-dessus, et l'on vérifiera alors (2e opération) si les collets sont fixés de manière que les génératrices du contact de la lunette sur les collets soient parallèles au plateau et à la bulle.

2e *opération*. Pour cela, il suffira de viser avec la lunette le centre d'un voyant placé à une hauteur convenable; puis faisant décrire au bâti, comme tout à l'heure, un angle de 180°, on tournera la lunette bout pour bout, sans lui imprimer aucun mouvement autour de son axe longitudinal. Si les génératrices de contact ne sont pas parallèles au plateau, il est clair que le point de mire observé dans la première opération se trouvera dans la seconde au-dessus ou au-dessous de la ligne de visée. Suivant le cas on abaissera ou on élèvera celui des deux collets monté sur une vis, jusqu'à ce que le parallélisme cherché soit obtenu.

3e *opération*. Pour bien comprendre l'opération du centrage de la lunette, il est nécessaire de rappeler rapidement la construction de cet instrument.

Les lunettes employées dans les niveaux et dans les instruments de levé se composent en général d'un objectif O (fig. 12) et d'un oculaire *oo* ordinairement à deux verres. En avant de l'oculaire, on place un diaphragme percé d'une large ouverture circulaire, au centre de laquelle se coupent, à angle droit, deux fils extrêmement déliés. Ce diaphragme, et par conséquent les fils en croix qu'il supporte, peut être amené par un mouvement très lent, perpendiculaire au plan de la lunette, dans la position exacte qu'il doit occuper. Ce mouvement lent s'obtient par différentes dispositions. Beaucoup d'opticiens se bornent à saisir le diaphragme entre les pointes de quatre petites vis traversant le corps de la lunette et placées dans des plans diamétraux. Dans les instruments plus soignés, le porte-fil est placé, comme l'indique la figure, à l'extrémité d'un tube d'un diamètre moindre que le tube de la lunette. Deux vis traversant le corps de la lunette, et deux ressorts situés dans les plans diamétraux de ces vis, permettent de donner à ce tube la position exacte qu'il doit occuper.



12.

Quel que soit le procédé adopté pour la fixation du porte-fil, il faut qu'il soit monté dans un tube à tirage, mobile à la main, ou avec une crémaillère, de manière à ce que l'on puisse toujours amener les fils dans le plan même où se forme l'image de la mire, ou de l'objet que l'on observe. L'oculaire, à son tour, est porté par un second tirage, qui permet de l'amener à la distance convenable pour que l'on voie très nettement les fils, et qu'ils ne semblent pas se déplacer quand on fait varier un peu la position de l'œil. Pour se servir d'une lunette de niveau, il faut donc :

1° Amener l'oculaire à la distance convenable pour l'œil de l'observateur, au moyen du tirage spécial à cet oculaire;

2° Imprimer au tirage du réticule, qui entraîne l'oculaire, un mouvement tel que les fils coïncident parfaitement avec l'image de l'objet.

La première opération n'a besoin d'être faite qu'une fois par chaque observateur. La seconde doit être répétée à chaque station, la position de l'image, par rapport à l'objectif, variant avec la distance de l'objet. Quelquefois l'objectif est mobile, c'est une mauvaise disposition.

Cela posé, pour que la lunette soit centrée, il faut que l'axe de figure de la lunette coïncide avec l'axe optique de l'instrument, c'est-à-dire que le même point de l'image de l'objet doit se trouver à la croisée des fils, quelle que soit la position de la lunette sur son axe de figure, pourvu que cet axe lui-même n'ait pas été déplacé.

Pour obtenir cette condition dans la lunette du niveau d'Égault, on fait placer une mire à une grande distance, de manière que le centre du voyant soit exactement au point de croisée des fils, puis on fait faire à la lunette sur ses collets autour de son axe une demi révolution et l'on observe de nouveau la mire. Si le point de visée est encore à la croisée des fils, la lunette est centrée; dans le cas contraire, on agit sur les vis qui règlent la position du réticule, jusqu'à ce que l'expérience du retournement dont on vient de parler puisse être faite avec succès.

Il est convenable de régler le niveau toutes les fois que les conditions précédentes ne sont pas satisfaites, à deux ou trois centimètres près, à une distance de 100 mètres. On doit remarquer cependant que l'on peut encore opérer exactement avec un niveau qui n'est pas exactement réglé. Il suffit en effet, comme il est facile de le reconnaître, pour avoir un résultat exact, de prendre la moyenne de 4 lectures et même de 2 lectures faites après de convenables retournements, indiqués dans toutes les instructions qui accompagnent les niveaux d'Egault.

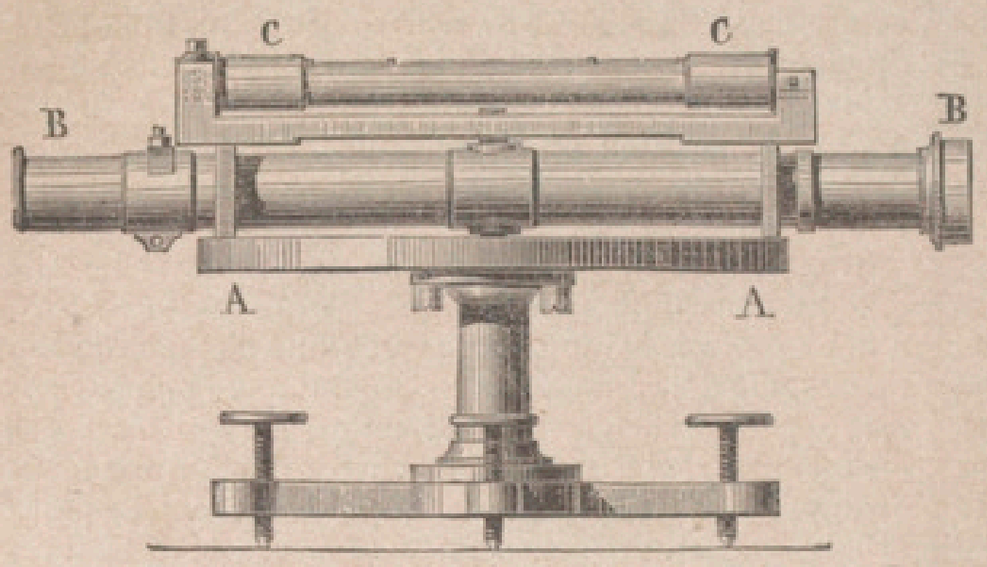
4e *opération*. Les fabricants d'instruments vérifient l'égalité des collets des lunettes des niveaux d'Egault, au moyen d'un niveau à bulle extrêmement sensible que l'on pose sur les fourchettes du bâti et ensuite sur la lunette elle-même placée sur ces fourchettes. Sur le terrain, cette importante vérification, que l'on néglige malheureusement souvent, s'exécute de la manière suivante. On place deux mires à deux cents mètres environ l'une de l'autre; on installe le niveau, bien réglé, au milieu de l'espace qui les sépare. Cette première observation, quelle que soit l'inégalité des collets, donne la différence exacte de hauteur des points où se trouvent les mires. On fait ensuite 3 ou 4 observations de stations de plus en plus rapprochées de l'une des mires : si la différence de niveau des deux points résultant de ces observations successives est constante, l'égalité des collets se trouve démontrée. Dans le cas contraire ils sont inégaux, et l'on doit réduire le plus gros par un rodage soigneusement exécuté avec un linge doux, imbibé d'huile et d'un peu d'émeri très fin. Un croquis que chacun peut faire permettra de se rendre compte facilement de la méthode qui précède.

2. Le niveau cercle de Lenoir est encore plus simple que le précédent, il est souvent employé et a été fortement recommandé dans ces derniers temps par M. Bourdaloue, qui s'est tant occupé des nivellements. On doit reconnaître cependant qu'il est d'un maniement un peu moins simple. La plupart des ingénieurs préfèrent encore le niveau d'Egault.

Le niveau cercle de Lenoir (fig. 13), se compose d'un simple disque en cuivre tourné AA, porté sur trois vis calantes et que l'on pose sur un pied ordinaire à six branches. On place sur le disque un niveau à bulle, et à l'aide des vis du trépied, on amène ce disque à être parfaitement horizontal. On enlève alors le niveau, on pose la lunette sur le disque, et au-dessus de la lunette, en contact avec les corps carrés dont elle est garnie, le niveau à bulle. Si le plateau est horizontal et que les corps carrés soient égaux, il est clair que la bulle reste entre ses repères

NIVELLEMENT.

La mise en état du niveau de Lenoir consiste à régler la bulle sur sa platine, au moyen d'un retournement, à centrer la lunette, et enfin à égaliser les corps carrés si le frottement ou tout autre cause avait altéré leur égalité.

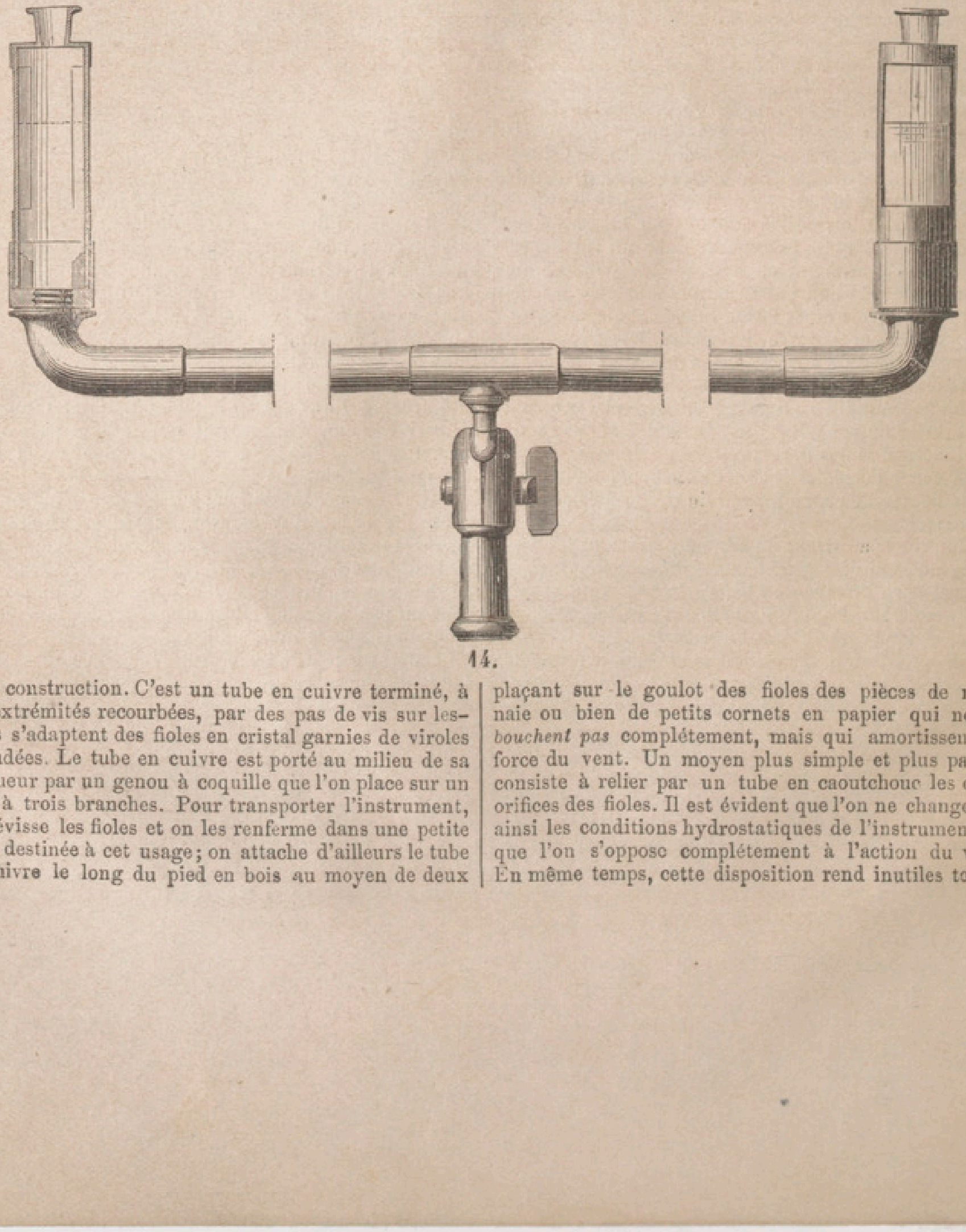


13

On fait deux lectures avec ce niveau, comme avec le précédent, l'une avant et l'autre après avoir retourné la lunette autour de son axe longitudinal, et l'on prend la moyenne des deux indications, qui doivent différer à peine de 1 ou 2 centimètres pour une distance de visée de 100 mètres.

3. Quand il s'agit d'opérations exigeant un moindre degré de précision que celles qui nécessitent l'emploi des niveaux à bulle, ou que l'on est forcé de confier à des agents moins soigneux et moins instruits, on se sert du *niveau d'eau*, le plus répandu des instruments de nivellement.

La fig. 14 représente un niveau d'eau de la meilleure construction. C'est un tube en cuivre terminé, à ses extrémités recourbées, par des pas de vis sur lesquels s'adaptent des fioles en cristal garnies de viroles taraudées. Le tube en cuivre est porté au milieu de sa longueur par un genou à coquille que l'on place sur un pied à trois branches. Pour transporter l'instrument, on dévisse les fioles et on les renferme dans une petite boîte destinée à cet usage; on attache d'ailleurs le tube en cuivre le long du pied en bois au moyen de deux courroies à boucle. Les niveaux ainsi disposés sont de beaucoup préférables à ceux qui se démontent en trois pièces. Un niveau d'eau comme celui que nous décrivons coûte avec son pied de 25 à 30 francs. On peut se procurer au prix de 5 à 6 fr., sans le pied, des niveaux en fer-blanc avec fioles mastiquées en verre, mais ces instruments sont très-fragiles et d'un mauvais usage.



14.

Pour se servir du niveau d'eau, on l'installe sur son pied et on le remplit d'eau, de manière que ce liquide arrive à peu près au milieu de la hauteur de chacune des fioles. Pour viser avec quelque exactitude, on se place à un mètre environ en arrière de l'instrument, et on fait placer la mire de manière qu'on aperçoive son centre en bornoyant tangentiellement aux fioles les bords des ménisques formés par l'eau qui sont dans un même plan horizontal. Pour rendre ces ménisques plus apparents, quelques opérateurs colorent l'eau avec du carmin ou de l'indigo. Il vaut mieux employer de l'eau pure et lui donner un reflet noirâtre au moyen d'obscurateurs en fer-blanc placés le long des fioles, comme l'indique la figure.

Pour changer de station, on bouche avec le pouce l'une des fioles et on enlève l'instrument en relevant l'autre fiole pour que l'eau ne s'écoule pas. On adapte à quelques niveaux des robinets ou des bouchons de liége pour changer de station. Cette méthode est très-mauvaise, parce que l'on peut oublier d'ouvrir le robinet ou d'enlever le bouchon avant d'opérer, et alors la ligne de visée n'est plus horizontale. Dans les grands vents, l'eau prend dans le niveau d'eau un mouvement d'oscillation qui rend l'opération incertaine et quelquefois impossible. On peut diminuer l'action du vent en plaçant sur le goulot des fioles des pièces de monnaie ou bien de petits cornets en papier qui ne les *bouchent pas* complétement, mais qui amortissent la force du vent. Un moyen plus simple et plus parfait consiste à relier par un tube en caoutchouc les deux orifices des fioles. Il est évident que l'on ne change pas ainsi les conditions hydrostatiques de l'instrument, et que l'on s'oppose complétement à l'action du vent. En même temps, cette disposition rend inutiles toutes

NIVELLEMENT.

les précautions que l'on doit prendre avec les niveaux ordinaires, pour changer de station sans répandre d'eau.

On tend à remplacer maintenant par des niveaux à bulle et à pinnules, pour les opérations ordinaires, le niveau d'eau dont nous venons de parler. Nous indiquerons, en parlant du niveau de pente de Chézy, la construction de ces instruments.

Mires. On emploie deux espèces de mires dans les opérations de nivellement, la mire à *voyant* et la mire dite *parlante*.

La mire à voyant, que tout le monde connaît, se compose d'une plaque rectangulaire ou voyant de $0^m,20$ environ de côte divisée en 4 carrés égaux peints alternativement en blanc et en rouge, et pouvant glisser le long d'une règle divisée qui peut s'allonger jusqu'à 4 mètres. On vise le centre de ce voyant, et on le fait élever ou abaisser par le porte-mire jusqu'à ce qu'il soit dans le prolongement de la ligne de visée de l'instrument de nivellement que l'on emploie.

Les mires à voyant, très-convenables pour le niveau d'eau, et dans les opérations à petite distance, sont remplacées on ne peut plus avantageusement par les mires parlantes, quand on se sert de niveaux à lunette ou à pinnules. Les mires parlantes sont de simples règles de 2 à 6 mètres de longueur et $0^m,10$ environ de largeur, sur lesquelles on trace des divisions et des chiffres assez apparents pour être aperçus avec la lunette à la distance de la plus grande portée des instruments. La mire a deux centimètres à peu près d'épaisseur à sa base, et se réduit à $0^m,01$ ou même $0^m,008$ à sa partie supérieure. Deux baguettes en bois placées latéralement augmentent la roideur de la planche. Enfin une barre transversale fixée à $1^m,50$ ou $1^m,60$ du sol, permet au porte-mire de maintenir solidement la mire verticale, même par les plus grands vents.

Avec les niveaux d'Egault ordinaires, on apprécie facilement à 200 mètres le quart d'une division de $0^m,01$, tracée sur une mire parlante. La moyenne des deux observations donne donc la cote vraie à un millimètre près environ.

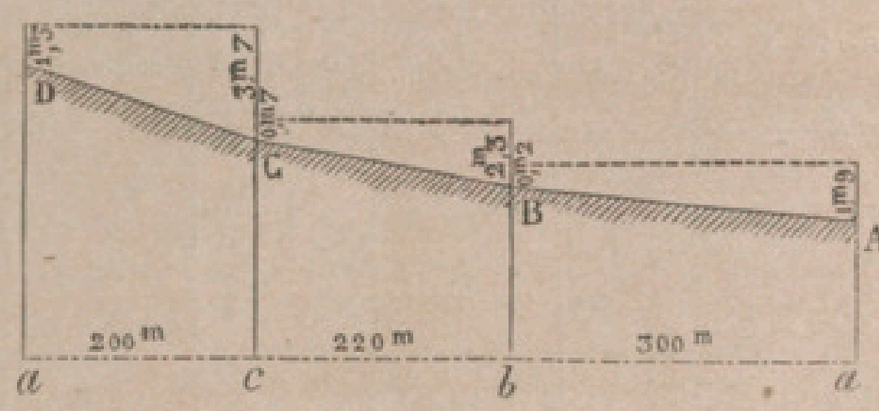
M. Bourdaloue, qui a dirigé les plus grandes opérations de nivellement entreprises dans ces dernières années, a fortement concouru à répandre l'usage de ces instruments. Sa grande expérience l'a conduit à adopter pour ses mires, comme le plus convenable, le système de graduation suivant. Le chiffre 9 est remplacé par N pour que l'instrument qui renverse ne le fasse pas confondre avec le 6. De même le chiffre 5 est remplacé par un V, pour éviter toute confusion avec le 3. La mire dont il s'agit est divisée par $0^m,02$ ou par $0^m,04$. On lit les *décimètres* par les chiffres, et les millimètres en comptant le nombre de divisions et en évaluant la fraction de division où tombe le fil de la lunette.

Rapport du nivellement. Après avoir décrit les instruments qui servent au nivellement, nous avons à indiquer comment on tient note sur le terrain, et comment ensuite on rapporte au cabinet les résultats des observations.

Quand on observe d'une même station toutes les côtes des points dont on veut déterminer la hauteur relative, l'opération constitue un nivellement simple. Un enchaînement de nivellements simples, rattachés les uns aux autres par les côtes d'un même point, prises de deux stations consécutives, constitue un *nivellement composé*.

Pour rendre intelligible un nivellement composé, il faut rapporter les côtes de tous les points à un même plan de niveau. On choisit habituellement un plan inférieur, situé à une hauteur connue, au-dessous d'un repère fixe; quand on le peut, on choisit pour ce plan de comparaison le niveau de la mer, quand sa position est connue.

Rien de plus simple d'ailleurs que ces calculs. Supposons par exemple qu'il s'agisse de rapporter le nivellement dont les données sont fournies par les observations consignées sur le croquis fig. 15; il est clair



15.

que si l'on prend le plan de comparaison auquel on veut rapporter le nivellement à 10 mètres au-dessous du point A, on aura par les divers points les côtes suivantes :

Cote du point A.		10 m.
Hauteur du premier plan de visée. .		
10+1,9.	11,9	
Cote du point B. 11,3—0,2. . . .		$11^m,7$
Hauteur du second plan de visée, . .		
$11^m,7+2,3$.	14	
Cote du point C 14 — 0,7.	3,3	

et ainsi de suite en opérant de la même manière.

En général, pour rapporter à un plan de niveau inférieur un nouveau point N de nivellement, dont on connaît la hauteur relative, par rapport à un point M dont on connaît la côte m, il faut ajouter à cette quantité m la côte arrière observée sur le point M, et retrancher de cette somme la côte avant observée du même point sur le point N.

Pour établir nettement les résultats et les calculs d'un nivellement, on emploie un carnet disposé comme l'indique le tableau ci-contre, dont quelques heures d'exercice apprennent facilement l'usage.

On remarque que, d'après le mode du calcul indiqué ci-dessus, il suffit, pour vérifier une opération, de s'assurer que la différence des coups avant et arrière est égale à la différence de niveau du point de départ et du point d'arrivée que l'on considère. On ne saurait trop recommander de tracer le croquis à côté du nivellement, en même temps que l'on remplit les colonnes du tableau. Cette double opération rend à peu près impossibles les erreurs d'écriture.

Avec les niveaux à lunette et à bulle d'air que nous avons décrits, deux nivellements faits entre les mêmes points de départ et d'arrivée ne doivent pas donner plus de $0^m,01$ à $0^m,02$ de différence sur une longueur de 40 à 50 kilomètres. Ce degré d'approximation a souvent été obtenu dans les opérations faites avec soin.

Clisimètres. Tous les instruments décrits dans ce qui précède donnent des lignes de visée rigoureusement horizontales. On a souvent besoin, dans les terrains accidentés et dans quelques autres circonstances, d'instruments fournissant une ligne d'une inclinaison donnée par rapport à l'horizontale.

Parmi les instruments qui remplissent ce but, et que l'on désigne sous le nom générique de clisimètres, nous ne signalerons que le niveau de pente de Chézy, que l'on emploie fréquemment dans le service des ponts et chaussées, et la boussole éclimètre, d'un usage très-commode pour les opérations qui n'exigent pas une très-grande précision, mais qui embrassent des étendues considérables de terrain.

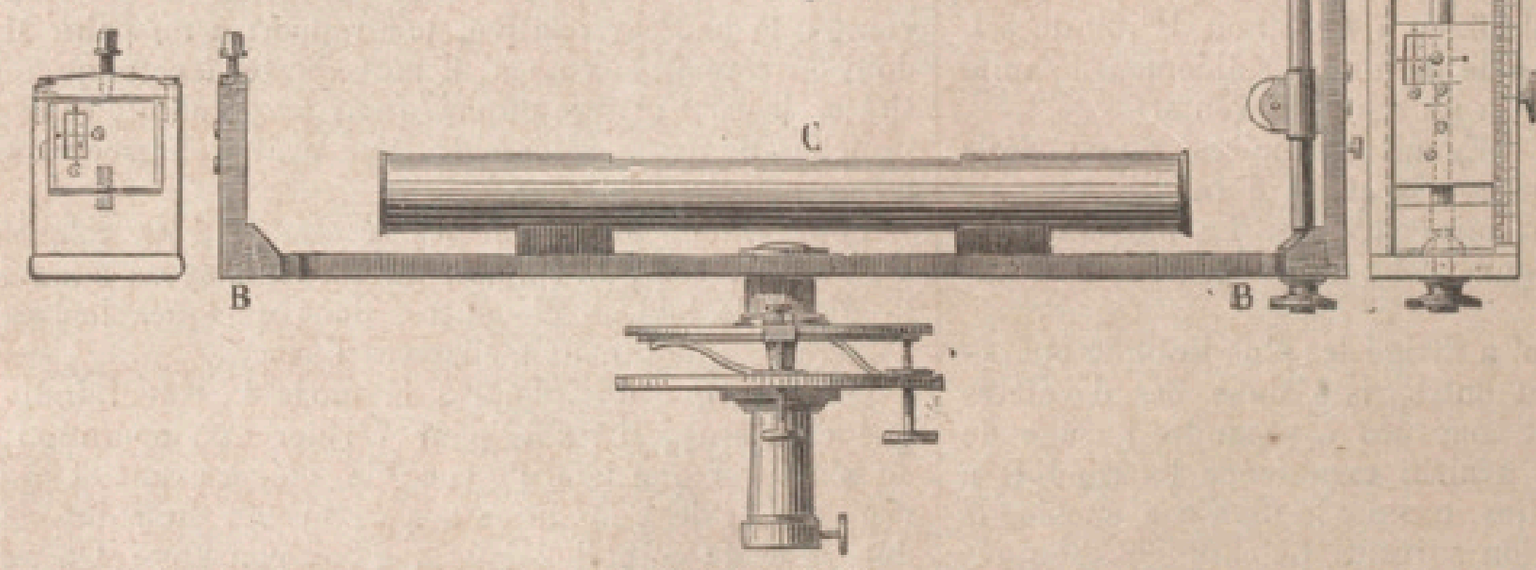
Nos des Stations.	LONGUEURS horizontales comprises entre les points successifs de nivellement.	Nos d'ordre et désignation des points de nivellement.	COTES RAPPORTÉES aux PLANS PARTIELS DE NIVELLEMENT. Côte avant. — COTES directement observées.	Côte avant. — moyennes.	Côte arrière. — COTES directement observées.	Côte arrière. — moyennes.	COTES rapportées au plan général.	COTES des plans partiels de nivellement rapportées au plan général.	CROQUIS et observations.

Le niveau de Chézy (fig. 16) se compose d'une simple règle BB, montée dans les instruments soignés sur un pied semblable à celui des niveaux d'Egault, et garnie à ses extrémités de pinnules perpendiculaires à sa direction. Cette règle porte en son milieu un niveau à bulle ordinaire C. Les pinnules que l'on voit de face (fig. 17 et 18) ne sont autre chose que des plaques de cuivre, percées d'un trou très-fin et d'une fenêtre rectangulaire garnie d'un crin. On vise la mire en plaçant l'œil près de l'un des trous et regardant les fils en crin de la pinnule opposée. L'une des pinnules peut glisser dans un cadre dont le bord est gradué (fig. 18), de manière que la ligne de visée dirigée par le trou de cette pinnule et le croisement des fils de l'autre pinnule, fasse un angle donné avec l'horizontale indiquée par le niveau à bulle.

La petite pinnule porte une vis qui permet de régler l'instrument, c'est-à-dire de le disposer de telle sorte que l'on puisse le retourner en ramenant la bulle entre ses repères sans que la ligne de visée (la pinnule mobile étant à 0°) cesse d'être horizontale.

Quand la pinnule mobile est au 0° de son échelle, l'instrument bien réglé donne une ligne de visée horizontale et sert comme le niveau d'eau ou tout autre niveau. On construit même de petits niveaux à deux pinnules fixes qui sont d'un usage fort commode.

Le niveau de pente de Chézy peut servir : 1° à niveler par visées horizontales ; 2° à donner l'inclinaison d'un terrain donné ; 3° à tracer sur le sol une ligne d'une déclivité donnée ; 4° à mesurer les distances avec une approximation comparable à celle que peut donner la chaîne.



Échelle de 0,25.

17. 16. 18.

Un bon niveau de Chézy donne les pentes à un ou deux millimètres près.

Quelquefois, on ajoute au niveau de Chézy une boussole sans la règle, ou bien un cercle gradué. L'instrument peut alors servir à la fois pour mesurer les angles, faire les nivellements, et, jusqu'à un certain point, évaluer les distances. Un seul opérateur, accompagné d'un seul aide pour porter la mire, peut donc, avec cet instrument, dresser très-rapidement un avant-projet complet, composé d'un plan, d'un nivellement et de profils en travers. On ne saurait assez recommander cet instrument aux agents des chemins vicinaux pour toutes les études de projets de travaux agricoles.

L'éclimètre, dont nous avons parlé ci-dessus, n'est autre chose qu'une boussole montée sur un pied de niveau d'Egault, sur l'une des faces latérales de laquelle est fixé un cercle vertical dont la ligne de foi, 0°—180°, peut être amenée dans une position horizontale au moyen de vis de rappel et d'un niveau à bulle. Autour d'un axe horizontal dont le centre coïncide avec celui du cercle, peut tourner une lunette que l'on dirige successivement sur les objets à viser; on lit exactement à l'aide d'un vernier l'angle que fait l'axe optique de la lunette avec la ligne de foi du cercle vertical, et on déduit facilement de ces observations les hauteurs relatives de deux points dont on connaît d'ailleurs les distances à l'instrument.

L'éclimètre est principalement employé pour les levés topographiques étendus. Il sert aussi pour les études d'avant-projets de grandes voies de communication. Mais comme son usage conduit à des calculs trigonométriques que nous ne pourrions faire comprendre sans plusieurs figures, nous renverrons aux ouvrages spéciaux de topographie les personnes qui pourraient avoir besoin de s'en servir.

Prix de revient des opérations de nivellement. Un bon niveleur, avec deux mires parlantes, peut faire, par jour, dans des terrains de difficulté moyenne, de 5 à 10 kilomètres de nivellement de profil en long avec cotes espacées de 50 à 80 mètres. J'ai vu faire davan-

NIVELLEMENT.

tage, mais ce chiffre peut être regardé comme une moyenne. On ne doit pas oublier d'ailleurs que tout nivellement doit être vérifié, c'est-à-dire fait au *moins* deux fois. Cette donnée peut servir de base à des évaluations de dépenses de nivellement. Pour fixer davantage les idées, aujourd'hui que tant de personnes s'occupent de faire étudier des lignes de chemins de fer, il ne sera pas sans intérêt de rappeler les chiffres suivants :

Les anciennes études du chemin de fer de Lyon à Avignon, avec embranchement sur Grenoble, ont coûté à l'Etat pour 316 kilomètres étudiés, la somme de 29,045 fr., soit par kilomètres. . . . . 92 f.

On a étudié beaucoup de variantes et le terrain était difficile.

Le chemin de Bordeaux à Bayonne, pour 110 kil., a coûté 6,783 fr., soit par kil. . . . 61

Le chemin de fer du Centre, pour 481 kil. étudiés, a absorbé 36,000 fr., soit par kil. . . 75

L'embranchement d'Auxonne à Gray, par kil. étudié (à peu près). 100

Les études du chemin de fer de Marseille à la frontière d'Italie se sont étendues à 245 kil.; elles ont coûté 13,949, soit par kil. 57

La ligne de Lyon à Genève a coûté par kil. 134

Enfin, les études du chemin de fer de ceinture. 177

La moyenne des chiffres précédents, empruntés à des documents officiels, est de 99 f. 42 c. par kil. On doit remarquer que ce prix est un peu faible, parce que le traitement de certains agents, employés en réalité aux études, a pu être payé sur d'autres fonds.

On peut estimer que des études complètes et bien faites d'un chemin de fer dans un terrain ordinaire ne reviennent pas à plus de 200 fr. par kil., tous frais compris. L'avant-projet d'une ligne, en ne comptant pas le traitement de l'ingénieur, peut se faire moyennant 50 à 70 fr. par kil.

Mais à ces frais d'études viennent s'ajouter, quand il s'agit de former une société, des dépenses de toutes sortes et de beaucoup supérieures aux premières. Ainsi, en Allemagne, les frais de premier établissement des compagnies se sont élevés de 750 à 1,000 francs par kil. Ce dernier chiffre nous semble se rapprocher beaucoup de la somme qu'il faut pouvoir exposer quand on se propose de chercher à organiser une compagnie de chemin de fer.

On peut faire lever et rapporter à la tâche les profils en travers. On paye de 4 à 5 francs par kil. ce genre de travail, les coups de niveau étant espacés de 20 à 30 mètres. Le levé et le nivellement par courbes horizontales distantes de $0^m,50$ à 1 mètre, revient de 2 à 4 francs par hectare, selon l'habileté de l'opérateur et la difficulté du terrain.

III. REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DES OPÉRATIONS DU LEVÉ DU PLAN ET DE NIVELLEMENT. Lorsqu'on a déterminé par les moyens dont il vient d'être question, en plan et en élévation les positions respectives des points remarquables d'une certaine étendue de terrain, il faut obtenir par le dessin une représentation graphique des opérations, qui permette de percevoir nettement les résultats et de les embrasser d'un coup d'œil.

Lorsque les opérations sont circonscrites à une portion de la surface de la terre assez restreinte pour que l'on puisse négliger de tenir compte de la courbure du globe, et c'est le seul cas que nous voulions examiner ici, il suffit de rapporter sur le plan, dans leur véritable grandeur, les angles observés réduits à l'horizon et de réduire, suivant la proportion fixée par l'échelle, toutes les distances qui séparent les points.

Le plan dressé, il suffirait d'écrire auprès de chaque point sa hauteur relative, pour compléter l'ensemble des résultats obtenus. Mais cette méthode, que l'on emploie du reste quelquefois, ne parle pas assez aux yeux et ne permet pas de saisir rapidement le relief du terrain. On a dû chercher parconséquent à perfectionner ce mode de représentation. Tous les moyens employés autrefois à cet effet étaient extrêmement imparfaits. C'est seulement depuis une centaine d'années, grâce à l'ingénieuse idée du géographe Buache et aux efforts de Ducarla, que l'on est parvenu à une méthode satisfaisante, consistant à tracer sur les cartes les lignes d'intersection du terrain par des plans horizontaux équidistants. Les courbes ainsi tracées définissent parfaitement le terrain et permettent de connaître immédiatement les hauteurs relatives et les formes des différentes parties du sol. Mais dans la plupart des cartes gravées, l'on complète la représentation graphique du terrain au moyen de hachures dirigées suivant les lignes de plus grande pente et par conséquent perpendiculaires aux horizontales. Ces lignes de plus grande pente ne se tracent pas d'une manière continue, on les interrompt à la rencontre des lignes de plus grande pente, et en général les hachures, qui dans une tranche représentent les lignes de pente, ne se tracent pas exactement dans le prolongement de celles qui leur correspondent le plus exactement dans la tranche immédiatement inférieure.

Afin de rendre plus facilement appréciables les différences de pentes par les nuances que produisent ces hachures, on est convenu de les espacer du quart de leur longueur, et de plus de leur donner une épaisseur inversement proportionnelle à leur longueur.

La distance des courbes du niveau est d'autant plus grande que l'échelle du plan est plus petite. Ainsi l'espacement des plans de section qui déterminent les courbes est de 10 mètres dans les minutes de la carte d'état-major à l'échelle de 1/40,000; elle est de 20 mètres dans les mêmes cartes réduites pour la gravure à l'échelle de 1/80,000, et souvent elle se réduit à 1 mètre ou même $0^m,50$ dans les plans à 1/1,000 qui accompagnent les projets de travaux.

C'est d'après leur échelle que l'on classe les divers dessins qui représentent la surface terrestre. Les *cartes géographiques* embrassent de grandes étendues de terrain, elles ne donnent que les points principaux, on n'y retrouve pas les courbes horizontales, les chaînes de montagnes sont indiquées seulement par quelques hachures. Leur échelle est ordinairement comprise entre 1/1,000,000 et 1/2,000,000.

Les cartes topographiques, au contraire, reproduisent tous les détails essentiels du terrain, et indiquent les lignes horizontales. Leur échelle est comprise entre 1/1,000 et 1/100,000.

Enfin les cartes dont l'échelle est comprise entre 1/200,000 et 1/500,000, portent le nom de cartes *corographiques*.

Mode de représentation pour l'exécution des travaux. Quel que soit le degré de perfection que comporte l'exécution des cartes topographiques, le mode de représentation du terrain exposé ci-dessus ne présente pas encore une précision suffisante, quand il s'agit d'évaluer des volumes de terres à déplacer. Il faut en effet que l'on puisse, dans ce cas, substituer à la surface réelle une surface géométrique d'une définition simple et qui représente le terrain de la façon la plus exacte possible. C'est ce que l'on n'obtiendrait pas avec les courbes horizontales. On complète donc les indications du plan par un système de profils qui s'applique plus particulièrement aux études de voies de communication, mais qui peut également servir au plus grand nombre des opérations industrielles et que l'on va faire connaître.

Un premier profil levé suivant l'axe du projet in-

dique, par ses côtes successives, tous les changements de pente du terrain suivant cette direction. Il représente l'intersection du terrain par la surface verticale qui correspond à l'axe du projet. On l'appelle le profil en long. Puis à chaque changement de pente indiqué par les cotes du profil en long, on prend un *profil en travers*, c'est-à-dire un profil qui, dans un plan vertical normal à la surface cylindrique comprenant e profil en long, donne également une côte à toutes es inflexions du terrain.

Les diverses sections du terrain ainsi définies par une ligne polygonale différant le moins possible de la ligne courbe et ondulée de ce terrain, il reste à définir la surface comprise entre ces diverses sections. Pour fixer la forme de cette surface, on la considère comme se confondant, entre deux profils en travers consécutifs, avec la surface gauche engendrée par une droite s'appuyant sur ces deux profils et parcourant dans son mouvement générateur, sur les côtés correspondants des directions polygonales, des espaces proportionnels.

On obtiendra, en procédant ainsi, des résultats d'autant plus rapprochés de la forme réelle du sol qu'on aura choisi plus judicieusement la position des profils transversaux, qu'on aura multiplié davantage ces profils et qu'on aura défini ces profils eux-mêmes par un plus grand nombre de points convenablement déterminés.

On voit d'ailleurs que, par ce mode de représentation, on pourra toujours remplacer la surface irrégulière du terrain qui ne serait pas susceptible d'être géométriquement définie par un plus ou moins grand nombre de surfaces réglées, gauches ou planes. On remplacera de même les surfaces des formes nouvelles que l'on veut substituer à celles du terrain, et tout le problème de cubature sera ramené à la solution d'une question de géométrie élémentaire.

IV. CUBATURES. Ce qui précède étant bien compris, il est facile de reconnaître que le volume compris entre la surface du sol et celle que l'on veut lui substituer, définie l'une et l'autre comme on vient de dire, pourra toujours se décomposer en un plus ou moins grand nombre de solides terminés latéralement par quatre plans verticaux, inférieurement par un plan horizontal, et supérieurement par un quadrilatère gauche ci-dessus défini.

Pour obtenir le cube exact de ce solide on emploie la formule suivante, dont la démonstration est facile.

Désignons par h', h'', h''', h'''' les longueurs des arêtes verticales, comprises entre la base plane et la surface gauche. Joignons, dans la base plane, les pieds des arêtes h' et h''', nous décomposerons cette base en deux triangles, dont nous désignerons les surfaces par b'''', pour celui dont le sommet est au pied de l'arête h'', et par b'' pour celui dont le sommet est au pied de l'arête h''''. De même, joignons les pieds des arêtes h'' et h'''' et nommons b' et b''' les surfaces des triangles dont les sommets sont respectivement au pied des arêtes h''' et h'. Nous aurons alors par le volume V cherché l'expression.

$$V = \frac{\frac{b'(h''+h'''+h'''')}{3} + \frac{b''(h'+h'''+h'''')}{3} + \frac{b'''(h'+h''+h'''')}{3} + \frac{b''''(h'+h''+h''')}{3}}{6}$$

Tous les éléments qui entrent dans cette formule sont donnés par les observations sur le terrain. Les quantités h', h''... sont les différences de hauteur des points du terrain et du projet situés sur une même verticale. Ces différences s'inscrivent habituellement en rouge sur les projets, ce qui les fait désigner, par abréviation, sous le nom de côtes rouges.

En pratique, la décomposition et les calculs que l'on vient d'indiquer seraient extrêmement longs; on ne les exécute que dans des circonstances tout à fait exceptionnelles. En général, on se borne à évaluer la surface de déblai ou de remblai de chaque profil et on la multiplie pour avoir le cube de déblai ou de remblai, par la demi-somme des distances qui séparent le profil considéré des profils précédents et suivants.

Pour abréger encore ces calculs, on a construit des tables qui donnent immédiatement les surfaces de déblai et de remblai de chaque profil, pour les ouvrages de formes constantes, comme les routes, les chemins de fer, etc. Mais ce serait nous écarter de notre sujet d'entrer à cet égard dans les détails techniques qui n'intéresseraient que les personnes qui s'occupent exclusivement de travaux publics.

Nous ne parlerons pas non plus de la répartition des terrasses, opération qui succède ordinairement aux calculs des cubatures. (Voyez TERRASSEMENTS).

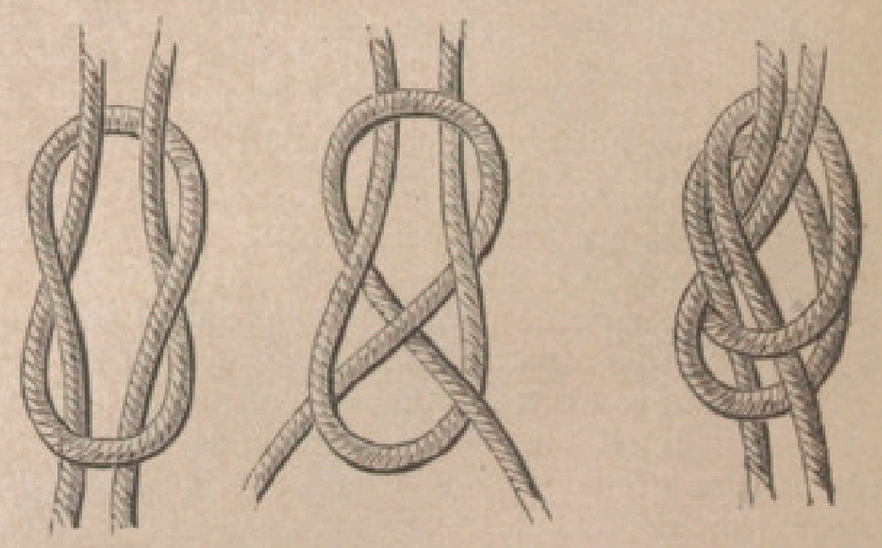
On fera connaître en terminant les échelles obligatoires pour les services dépendants du ministère des travaux publics. A une époque où tant de personnes se trouvent en rapport avec les agents de ce ministère, il ne sera pas inutile de faire connaître les dispositions matérielles des pièces qui doivent leur être soumises. Ces dispositions, du reste, sont sanctionnées par une longue pratique; elles sont très-commodes, et leur usage se répand chaque jour parmi les constructeurs.

Plan général et profil en long : $\frac{1}{1000}$, $\frac{1}{2000}$, $\frac{1}{5000}$, $\frac{1}{10000}$. — Profils en travers : $\frac{1}{200}$. — Ouvrages d'art : de moins de 100 mètres $\frac{1}{100}$, de plus de 100 mètres $\frac{1}{200}$.

H. MANGON.

NŒUD. La flexibilité des cordes permet de les réunir, soit entre elles, soit à des corps étrangers, au moyen de nœuds produits par l'entrelacement de leurs parties. Par leur moyen, l'effort, qui a lieu sur un brin, détermine sur les parties convenablement entrelacées un frottement croissant en même temps que cette pression, qui empêche le nœud de se défaire, et par suite la séparation. Dans les gros cordages, c'est moins le frottement que la roideur des cordes qui empêche le brin enroulé de se développer; c'est à multiplier cette action que tendent les dispositions adoptées, lorsque des efforts considérables sont en jeu.

Une description de la manière de faire les nœuds serait extrêmement difficile, de manière à ce qu'elle pût être de quelque utilité. Quelques figures feront beaucoup mieux comprendre les dispositions le plus fréquemment adoptées. Les nœuds 1950, 1951 et 1952,

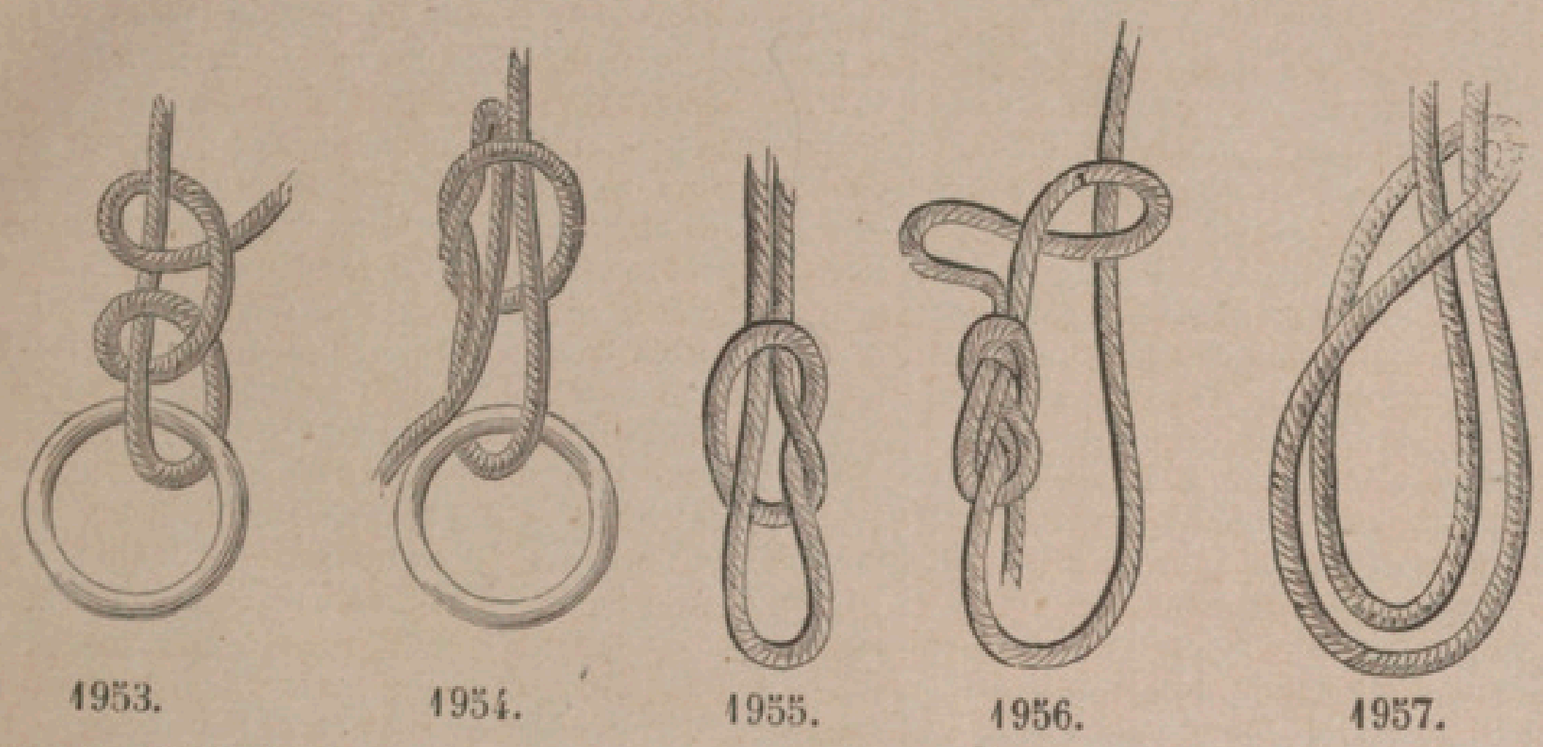


1950. 1951. 1952.

servent à réunir les extrémités des deux cordes; les nœuds 1953 (nœud de marine) et 1954 servent à attacher les cordes à un anneau.

Une espèce de nœuds fréquemment employés est celle des *nœuds coulants*, qui jouissent de la propriété de se serrer de plus en plus, quoique l'effort exercé sur le

bout de la corde augmente. Les figures 1955, 1956, 1957 représentent plusieurs nœuds de ce genre.



1953. 1954. 1955. 1956. 1957.

NOIR ANIMAL. Toutes les fois qu'on calcine, à l'abri du contact de l'air, une matière animale quelconque, on obtient pour résidu un *charbon animal*.

Parmi tous les charbons qu'on peut obtenir de cette manière, celui provenant de la calcination des os est le plus généralement employé.

Le noir d'os a deux applications principales :

1° Il sert à enlever à diverses solutions, particulièrement aux sirops, leur matière colorante ;

2° On en fait un grand usage en peinture (Voyez NOIR D'IVOIRE).

Le charbon animal qu'on rencontre dans le commerce ne présente pas toujours une composition identique, elle varie suivant que les os ont été plus ou moins calcinés.

M. Bussy a trouvé que le noir animal avait la composition moyenne suivante :

Charbon contenant 6 à 7 p. 100 d'azote. .	10
Carbure et siliciure de fer.	2
Phosphate basique de chaux.	88
Carbonate de chaux.	
Phosphate et carbonate de magnésie. . .	
Sulfure de fer.	
Sulfure de calcium.	
Total.	100

Les trois derniers corps n'y entrent qu'en faible proportion. Quand le charbon a été trop fortement chauffé il ne renferme presque plus d'azote, alors il est devenu brillant et dense.

Le noir animal provenant des matières molles non terreuses est plus azoté ; il renferme quelquefois 77 p. 100 de carbone, le reste étant de l'azote à l'exception d'une légère proportion de sels.

La découverte des propriétés antiputrides et décolorantes des charbons en général, est due au chimiste russe Lowitz, Kels en 1798 et Scaub en 1800 continuèrent ses expériences et arrivèrent au même résultat.

La première application utile du charbon à la purification du sucre brut des colonies fut faite par Guillon, qui apporta sur nos marchés des quantités considérables de sirops décolorés par la poudre de charbon de bois, sirops qu'il vendit avec avantage, car ils étaient de beaucoup supérieurs aux cassonades de cette époque.

En 1811, M. Figuier de Montpellier reconnut que le charbon d'os possède un pouvoir décolorant très supérieur à celui du charbon végétal. Une année après, M. Charles Derosne proposa l'emploi du charbon animal pour la décoloration des sirops dans le raffinage du sucre où on faisait usage du charbon de bois. Cette substitution, dont l'utilité fut démontrée par MM. Payen et Pluvinet, fut généralement adoptée, car on obtint par son emploi 10 p. 100 de plus en sucre cristallisé, et les seconds sirops donnèrent des sucres d'une qualité supérieure à celle obtenue auparavant.

La quantité de noir animal employée aujourd'hui est considérable, car en moyenne il faut 1 kilogr. de noir pour 1 kilogr. de sucre sortant de la fabrique.

La société de pharmacie de Paris mit au concours, en 1821, une série de questions sur les qualités décolorantes du charbon et sur son genre d'action. Trois mémoires furent couronnés : ceux de MM. Bussy, Payen et Desfosses. C'est aux travaux remarquables de ces savants qu'on doit la théorie de la décoloration ; ils établirent que :

1° Le charbon agit seul dans l'acte de la décoloration ;

2° L'action de ce corps est d'autant plus grande qu'il est plus divisé et offre plus de surface ;

3° La division mécanique n'a pas d'influence sensible sur le pouvoir décolorant qui est uniquement relatif à la division chimique, ou à l'écartement des molécules ;

4° Quelle que soit leur origine, les *charbons brillants* décolorent mal, tandis que les *charbons ternes* ont une action décolorante très prononcée ;

5° Les matières salines en s'interposant entre les molécules de carbone, s'opposent à l'influence du calorique qui tend à les aggréger pendant la carbonisation, mais que du reste elles n'absorbent pas de matière colorante ;

6° La décoloration s'opère mieux avec un liquide neutre ou un peu acide, qu'avec un liquide alcalin ;

7° Les matières colorantes sont mieux enlevées à chaud qu'à froid ;

8° Le charbon agit en attirant à sa surface, sans les décomposer, les matières colorantes ;

9° Le rapport des pouvoirs décolorants change avec les liquides colorés, comme le prouve le tableau suivant, dû à M. Bussy :

ESPÈCES DE CHARBON.	Poids.	Indigo d'épreuve consommé.	Mélasse d'épreuve consommée.	Décoloration par l'indigo.	Décoloration par la mélasse.
	gr	litres.			
Sang calciné avec potasse.	1	1,60	0,18	50	20
Id. avec craie.	1	0,57	0,10	18	11
Id. av. phosph. chaux.	1	0,38	0,09	12	10
Gélatine cal. av. potasse.	1	1,15	0,14	36	15,5
Empois cal. av. potasse.	1	0,34	0,08	10,6	8,8
Albumine cal. av. potas.	1	1,08	0,14	34	15,5
Charbon d'acétate de pot.	1	0,18	0,04	5,6	4,4
Id. de carbona. de soude par le phosphore. . .	1	0,38	0,08	12,0	8,8
Noir de lampe calciné. .	1	0,128	0,03	4	3,3
Id. avec potasse. . . .	1	0,55	0,09	15,2	10,6
Noir d'os traité par l'acide hydrochloriq. et la pot.	1	0,45	0,18	45,0	20
Id. par l'acide hydrochl.	1	0,06	0,015	1,87	1,6
Huile calcinée avec phosphate de chaux. . . .	1	0,064	0,017	2	1,9
Noir d'os cru.	1	0,032	0,009	1	1,0

Les gaz putrides et les autres produits de la putréfaction, en solution dans les liquides, sont absorbés très-activement par le noir animal, de là l'emploi avantageux de ce corps pour purifier les citernes, les étangs, etc.

Différentes matières inorganiques en solution dans l'eau, comme la chaux, les sels de plomb solubles, le sulfate de protoxyde de fer, sont absorbées par le charbon animal, et même, d'après M. Girardin, tous les genres de sels, à peu d'exceptions près, sont attaqués par le noir animal, qui absorbe les matières inorganiques même à froid, propriétés qui n'ont été reconnues au charbon végétal qu'à l'égard des sulfures alcalins.

La cause qui rend le charbon végétal moins efficace que le charbon animal provient surtout de la vitrification de sa superficie. Il en est de même des charbons tirés des substances animales molles qui sont brillants, aussi ont-ils peu d'énergie.

Différents schistes bitumineux, ceux de Menat et d'Ardes en particulier, ont une action décolorante marquée sur les sirops, mais plus faible toutefois que celle du noir d'os. Les lignites et la plupart des houilles ne décolorent en aucune manière.

La fabrication du charbon animal ayant pris une grande extension avec celle de la fabrication du sucre, son usage s'étant accru considérablement, on a dû augmenter la production de cette matière, et en même temps s'occuper de revivifier le noir qui avait déjà servi, c'est-à-dire de lui rendre sa première force décolorante, bien diminuée par un premier emploi. Nous allons passer en revue les procédés employés.

La fabrication du noir animal, c'est-à-dire la calcination des os, s'effectue à l'aide de deux systèmes d'appareils tout à fait distints.

Dans le premier procédé, on calcine les os à l'abri du contact de l'air et on recueille les produits volatils qui se dégagent.

Dans le second procédé, au contraire, on brûle les gaz qui servent alors à élever la température de fours où s'opère la fabrication.

L'appareil employé dans le premier de ces deux procédés se compose de grands cylindres horizontaux en fonte, dans lesquels on introduit les os à calciner. Chacune de ces cornues, remplacées avec économie par des cornues en terre, servant pour l'éclairage au gaz (fig. 1958), est terminée par un tuyau de 0m08 à 0m,10 de diamètre qui conduit les produits de la distillation dans un réfrigérant.

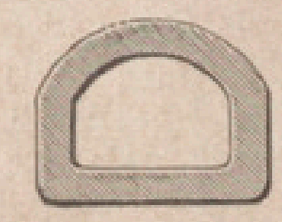


Fig. 1958.

Les cylindres sont placés dans un fourneau et chauffés par un ou plusieurs foyers.

La marche de l'opération est des plus simples: après avoir concassé les os, on en retire la graisse en les chauffant dans une chaudière pleine d'eau, puis on les place dans les cornues de distillation qu'on ferme alors à l'aide d'obturateurs en fonte. Les joints sont garnis de terre grasse. On chauffe graduellement de manière à porter les appareils au rouge cerise, température qu'on maintient pendant trente-six heures, au bout desquelles on retire le charbon incandescent qui est reçu dans des étouffoirs où il se refroidit à l'abri du contact de l'air. Froid, on le porte au moulin qui doit opérer son broyage.

Les produits gazeux qui se dégagent des cornues se condensent dans des tuyaux nombreux autour desquels circule, en sens inverse, un courant d'eau froide qui s'échauffe graduellement et qui peut, une fois chaude, être employée au débouillissage des os. Les produits condensés servent à la préparation des sels ammoniacaux dont le prix sans cesse croissant peut assurer la supériorité à ce système.

Dans la seconde méthode de préparation, la plus généralement usitée, les os dégraissés, *débouillis*, ainsi nommés par opposition aux os frais ou verts, que l'on appelle *os gras*, sont soumis à la calcination en pots.

La calcination en pots se fait de la manière suivante:

Dans des pots en terre réfractaire de 30 centimètres de diamètre sur 40 centimètres de haut, on place des os débouillis et concassés, qui en remplissent la capacité. Ces pots sont disposés sur les deux côtés d'un fourneau de galère, en plusieurs rangées superposées, de manière à fermer les pots inférieurs par le fond légèrement conique de ceux qui leur sont superposés. Ceux de la rangée supérieure reçoivent un couvercle.

Cette disposition offre l'inconvénient de déterminer trop souvent la casse des pots de la rangée inférieure; aussi, dans plusieurs fabriques, a-t-elle été remplacée par celle de la figure 1959. Les pots de chaque rangée

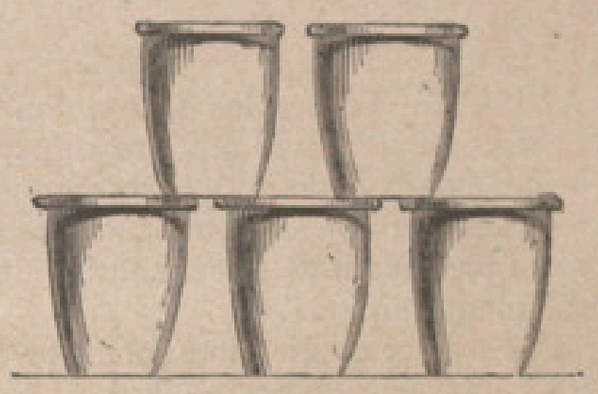


Fig. 1959.

sont couverts par un disque en terre réfractaire, et ceux d'une rangée supérieure reposent à la fois sur deux pots inférieurs. De cette façon, les pots inférieurs cessent d'être surchargés, et leurs parois ne se fendent plus sous le poids de la charge qui les sollicitait dans l'autre manière. On échauffe ensuite graduellement le fourneau en y allumant du combustible, le plus économique que l'on ait, afin de diminuer les frais. Les menus de houille, la tourbe, le bois, les bourrées, sont employés selon les circonstances. On porte peu à peu la température au rouge, et on la maintient en cet état jusqu'à la fin de l'opération, c'est-à-dire pendant huit heures environ. Au début, lorsque la chaleur commence à pénétrer dans les vases, les matières grasses qui ont échappé à l'action de l'eau se décomposent et fournissent des gaz très-abondants, dont la combustion exalte beaucoup la chaleur; les matières azotées se décomposent ensuite et fournissent également des produits gazeux combustibles.

La fin de la calcination est annoncée par la cessation complète de tout dégagement gazeux.

On maintient cependant la température pendant quelque temps encore, puis on procède au *défournement*. Si le four présente des carneaux latéraux, on peut enlever les pots par ces ouvertures; mais il est plus habituel de laisser les pots refroidir dans le four même et de ne les retirer que lorsqu'ils sont à peu près froids.

Le défaut de continuité de ces appareils entraine l'emploi d'une grande quantité de combustible et d'un matériel considérable. De plus, l'air circulant dans le four renferme toujours assez d'oxygène pour produire un déchet notable, car les os calcinés à blanc sont livrés avec perte au fabricant de phosphore.

Enfin le plus grave inconvénient de ce procédé consiste dans les émanations infectes qui se dégagent des fabriques de noir animal, surtout au commencement des opérations.

Pour éviter ce désagrément on a construit, sur les indications de D'Arcet, des appareils qui brûlaient tous les gaz pyrogénés en introduisant de l'air en quantité suffisante pour une combustion totale; de plus la cha-

leur produite servait à chauffer la chaudière où se faisait l'extraction de la graisse des os.

Le broyage du noir animal s'opère, soit à l'aide de meules verticales tournant sur un plan horizontal, soit au moyen de meules horizontales comme celles em-

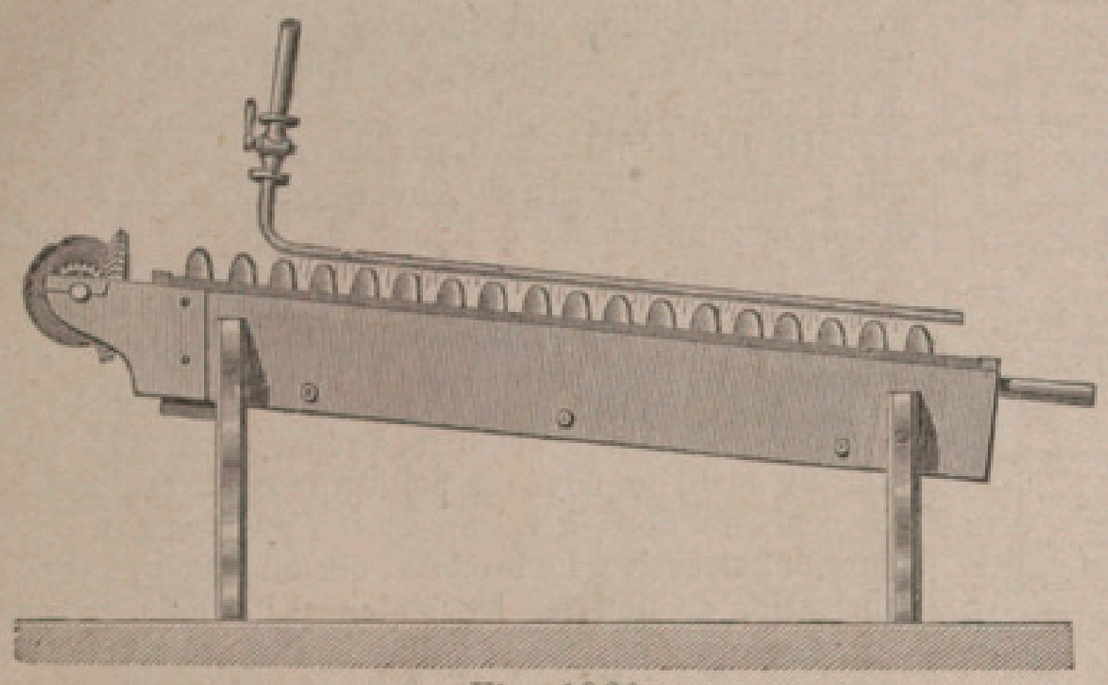


Fig. 1960.

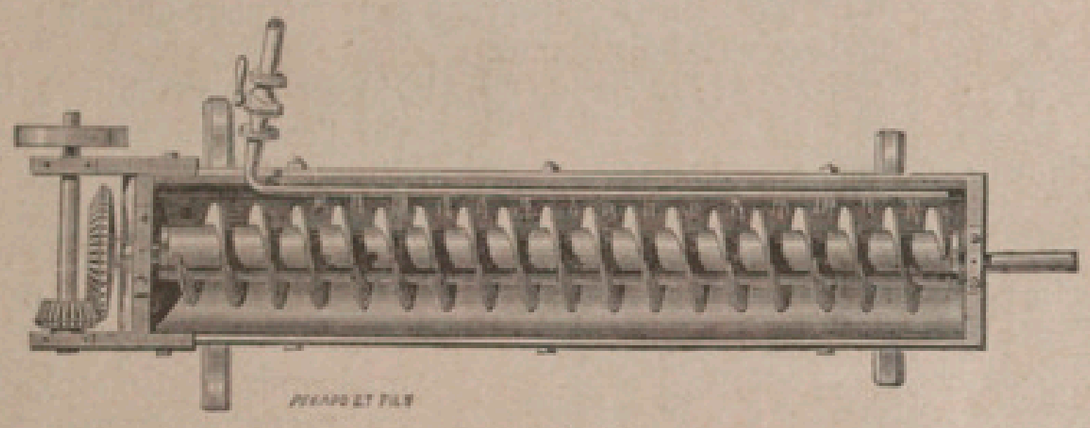


Fig. 1961.

ployées dans la mouture des céréales. On fait également usage de cylindres cannelés en fonte pouvant se rapprocher ou s'écarter à volonté suivant la grosseur qu'on veut donner au noir animal; ce dernier appareil est le plus généralement employé. Le noir broyé est passé au blutoir pour séparer les grains de la folle farine et des parties mal broyées. Le noir en grains et en poudre est mis dans des sacs et expédié aux consommateurs.

Le noir en poudre ne peut servir qu'une fois au raffinage du sucre, après quoi il est utilisé comme engrais dans l'agriculture. Le noir en grain peut servir presque indéfiniment en subissant de temps en temps une revivification.

La revivification du charbon animal qui a servi s'opère de plusieurs manières: on emploie la fermentation, le lavage à l'eau pure ou à l'eau acidulée et, en dernier lieu, la calcination. Le noir mis en tas fermente rapidement, le sucre qu'il renferme se transforme en alcool, puis en vinaigre, qui dissout le carbonate de chaux contenu dans le noir. La durée de l'opération qui exige souvent 15 ou 20 jours, si on n'immerge pas le noir dans l'eau tiède, et 6 à 8 jours dans ce dernier cas, est le défaut de ce système. Quelquefois, surtout dans la fabrication du sucre indigène, la quantité de carbonate de chaux est assez grande pour nécessiter des lavages à l'acide chlorhydrique étendu, marquant 2° B; puis on lave quatre fois à l'eau pure, après quoi on calcine.

L'emploi des acides offre toutefois beaucoup de dangers et ils ne doivent être employés qu'avec prudence. Le plus avantageux, quand son prix le permet, est l'acide acétique, qui forme avec la chaux un acétate soluble que les lavages peuvent enlever très-facilement. D'un autre côté, cet acide ne détruit pas le sucre, et le danger d'inversion n'existe pas à la suite de son emploi. Il offre aussi l'avantage qu'il n'agit que lentement sur le phosphate de chaux de noir, tandis que l'action de l'acide chlorhydrique est beaucoup plus rapide. Dans les régions où ce dernier est cher, les fabricants de sucre peuvent trouver avantage à utiliser une partie de leurs mélasses, à produire, dans le but qui vient d'être indiqué, de l'acide acétique.

Si le noir n'est pas fortement imprégné de sels calcaires déposés à sa surface, lors des opérations de filtration, on se contente de le laver à l'eau avant de le calciner.

La fig. 1960 représente une vue de côté et la fig. 1961 un plan d'un laveur. Il consiste en une grande auge demi-cylindrique, en bois, doublée de cuivre et légèrement inclinée, dans laquelle tourne une vis d'Archimède remontant le noir, tandis que l'eau, versée dans la partie la plus élevée, s'écoule dans le sens contraire. Ces appareils sont communément usités dans les fabriques françaises, et c'est avec raison, car ils réunissent à une grande simplicité et à l'économie une action aussi complète qu'il est nécessaire.

La calcination du noir animal détruit les matières organiques qu'il contient. Nous donnerons la description de l'appareil de Crespel-Delisse fort usité dans le Nord.

La figure 1962 représente la coupe du four. Au sommet en I J est un espace quadrangulaire où l'on étend le noir lavé pour le faire sécher. Dans ce but, l'air chaud du foyer pénètre et circule par des carneaux dans des espaces libres ménagés sous la tôle qui sert de plancher à la plate-forme I J. Les tuyaux C et D reçoivent le noir à revivifier par leur ouverture supérieure, et le registre *f* sert à retenir ce

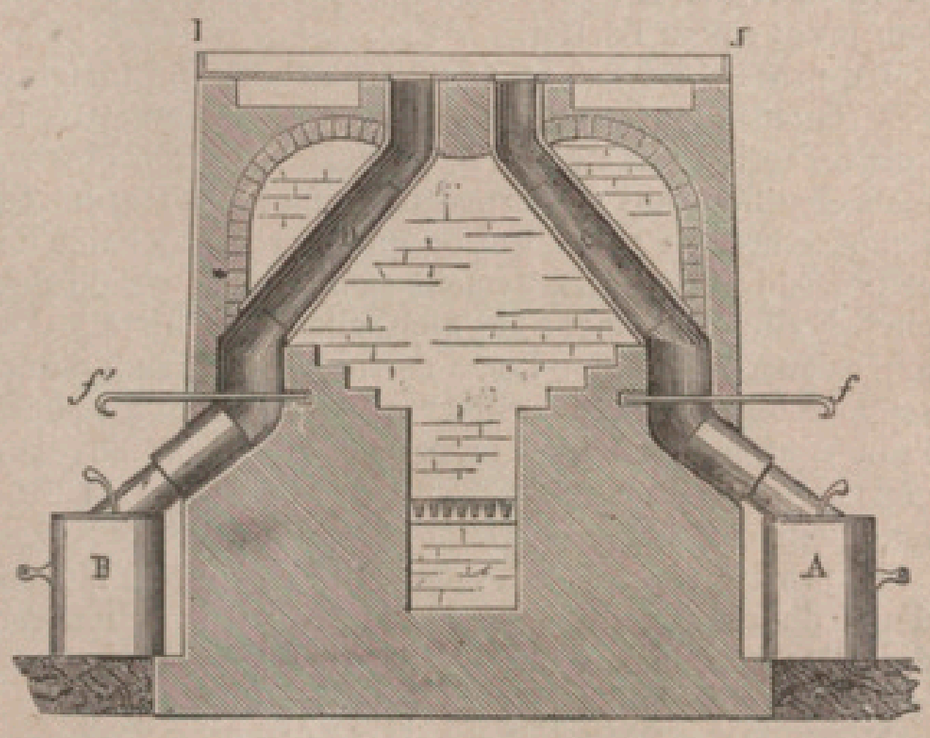


Fig. 1962.

noir au contact avec la chaleur et à le faire couler dans les étouffoirs A, B, après la calcination.

La figure 1963 indique le plan supérieur du four; I J est la plate-forme en tôle placée au-dessus des carneaux pour recevoir le noir lavé qui y subit la dessiccation avant d'être introduit dans les tuyaux de calcination; les lettres C, D indiquent les tuyaux; A, B sont les étouffoirs; le dessin indique en noir les orifices supérieurs de tuyaux par lesquels on introduit le noir séché.

Le four étant graduellement échauffé et les registres *f f* fermés, on introduit du noir sec dans les vingt tuyaux, dont on ferme l'ouverture par un couvercle en tôle. Au bout de vingt-cinq minutes, on ouvre les registres et l'on reçoit le noir calciné dans les étouffoirs qu'on referme aussitôt. Les registres étant remis en place, on

remplit de nouveau les tuyaux avec du noir sec; lorsque cette seconde calcination approche de son terme, les

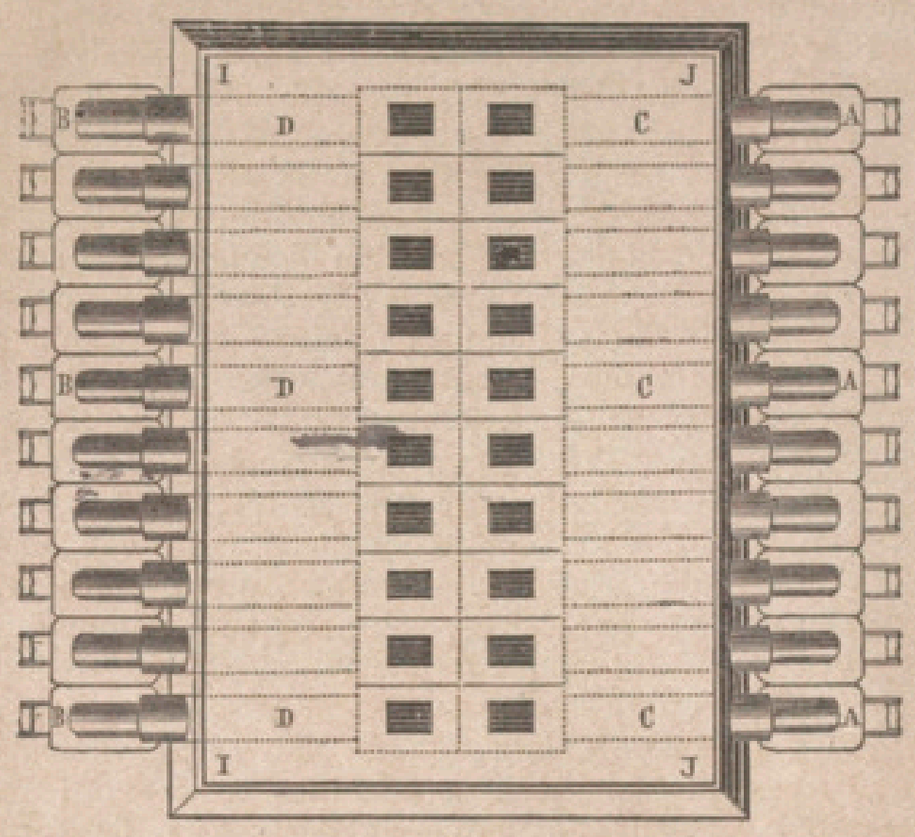


Fig. 1963.

étouffoirs sont vidés dans une citerne en briques et prêts à servir de nouveau.

On fait 48 charges en vingt-quatre heures.

Le noir revivifié et refroidi est bluté avec soin pour le séparer de la poussière ou folle farine, que l'on peut employer pour la fabrication des engrais, ou pour le traitement des écumes de défécation, etc.

Dans la plupart des appareils, que l'on a pu combiner, un même défaut existe, c'est celui de calciner à blanc une partie du noir par l'air qui existe dans les appareils et qui se renouvelle trop vite, quelques précautions que l'on prenne pour l'éviter.

Un procédé à l'abri de ce reproche est celui imaginé par Thomas et Laurens; il consiste à soumettre le noir à l'action directe de la vapeur à 3 atmosphères, mais chauffée dans un serpentin en fer à une très-haute température. La revivification qu'on produit à l'aide de ce procédé se fait parfaitement et ne donne aucun déchet. Malheureusement ces appareils sont sujets à des explosions, même quand on a eu soin de les garnir d'une soupape de sûreté, car, si la vapeur est trop chauffée, l'eau peut se décomposer en présence du fer, et l'hydrogène arrivant au contact du noir peut former un mélange explosif fort dangereux.

La propriété décolorante des noirs s'essaye au moyen d'une dissolution de caramel; plus la calcination est complète, plus le noir est décolorant.

NOIR ANIMALISÉ. Voyez ENGRAIS.

NOIR DE FUMÉE. Le noir de fumée se prépare, dans les Landes, en brûlant des matières résineuses, dans une chambre de bois de sapin, tapissée de grosses toiles. On place ces matières dans des pots en terre ou des marmites en fonte; on y met le feu, et on tient la chambre fermée tant que dure la combustion. Cette combustion, qui est et doit être très-imparfaite, produit une fumée épaisse qui, en passant à travers les toiles, dépose sur celles-ci le noir de fumée que l'on enlève de temps en temps.

On le prépare aussi par la combustion incomplète des goudrons de bois et de houille; les établissements où il est produit sont placés près des houillères.

NOIR D'IMPRESSION. On l'obtient dans la préparation du BLEU DE PRUSSE par l'action des alcalis sur le sang, la corne, ou d'autres substances animales.

NOIR D'IVOIRE. Ce noir se prépare par la calcination des éclats d'ivoire. Les qualités inférieures sont obtenues avec des os de choix. On le broie à l'eau et on le réduit en pains que l'on fait sécher à l'étuve.

NOIR DE LAMPE. Ce noir s'obtient en brûlant des huiles dans des quinquets à becs simples que l'on place au-dessous d'une plaque de métal, laquelle se recouvre bientôt d'une couche assez épaisse d'un charbon très-divisé, d'un beau noir, que l'on détache aisément en frappant sur la plaque.

NOIR DE SCHISTE. Certains schistes, et en particulier celui de Menat, en Auvergne, donnent après la distillation un résidu qui jouit de propriétés décolorantes très-marquées, et que l'on peut comparer avec celles du noir animal.

NOIX. Outre son emploi comme aliment, la noix donne une huile qui remplace celle d'olive dans l'ouest de la France. Convenablement préparée, cette huile est exclusivement employée en peinture dans la composition des couleurs fines, à raison de son épaisseur et de sa propriété siccative. Le brou de noix est employé pour la fabrication de liqueurs hygiéniques; il renferme beaucoup de tannin et d'acide gallique; il est aussi employé en teinture pour faire certains bruns, et les menuisiers et les ébénistes s'en servent souvent pour donner de la couleur aux bois blancs.

NORIA. La noria (fig. 1964) est une machine à élever l'eau, qui se compose d'une série de seaux ou vases attachés à une double chaîne sans fin qui s'enroule sur un ou deux tambours. Un mécanisme quelconque, ordinairement un manége, transmet le mouvement au tambour supérieur, qui entraîne avec lui la double chaîne sans fin; chacun des seaux se remplit successivement d'eau, qu'il déverse, au point culminant de l'appareil, dans un réservoir à ce destiné. Les norias sont verticales ou inclinées; lorsqu'elles sont verticales, on supprime souvent le tambour inférieur. On emploie fréquemment les norias pour l'élévation de la farine dans les moulins à blé.

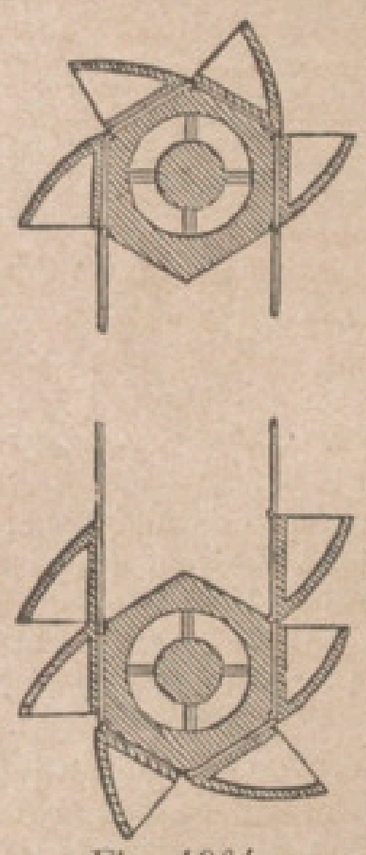


Fig. 1964.

La noria est employée de temps immémorial pour la culture de la terre dans les pays orientaux, dans les contrées où le soleil dessèche les plantes qui ne sont pas arrosées, et fait naître au contraire la végétation la plus luxuriante quand l'eau ne manque pas. En Egypte, à Alger, ce sont des pots en terre, attachés à des cordes, qui constituent des norias fort simples, que le cultivateur construit et entretient lui-même.

Ces appareils fort simples ont deux défauts graves. Le premier, c'est qu'on est obligé d'élever l'eau plus haut qu'on ne la reçoit, pour vider le pot, perte qui n'est jamais moindre pratiquement de 0m,50 et même 0m,75. Le second, c'est la perte d'eau que font les pots par le balancement des cordes, et que l'on nomme le *baquetage*. On estime cette perte à environ 1/10 du volume des seaux.

On a essayé plusieurs systèmes pour améliorer les norias, comme de faire les pots métalliques et de forme prismatique pour verser facilement, de les fermer à charnière pour éviter le baquetage, etc.; mais les appareils rustiques sont toujours seuls employés pour la petite culture, et la grande industrie n'a jamais adopté un système que ses articulations et ses balancements rendent peu avantageux et qui se détruit rapidement.

NUTRITION DES ANIMAUX. Dans l'état actuel de la science, les animaux domestiques de l'agriculture et de l'industrie doivent être considérés comme des machines, qu'il s'agit de construire et d'alimenter, pour en obtenir des produits de consommation et de la force motrice. Ces produits de consommation sont le lait, la viande, la laine, les peaux, les cornes et autres débris animaux.

Les éléments anatomiques des humeurs et des tissus qui les fournissent sont constitués par des principes immédiats, groupés de diverses façons et empruntés au règne végétal, qui seul a la faculté de les élaborer. Dans leurs mutations au sein des tissus organisés, ces principes immédiats organiques dégagent de la chaleur, qui est la source de tous les mouvements intérieurs ou extérieurs de l'organisme animal, mouvements qui se transforment en travail interne ou en travail externe.

Ainsi, les phénomènes de l'exploitation des animaux domestiques, quand on les analyse scientifiquement, se réduisent donc toujours, en définitive, à une question de nutrition. Au point de vue pratique, l'étude de la nutrition est, par conséquent, dominante en zootechnie. On y doit ramener toutes les connaissances relatives à l'histoire naturelle et économique de ces animaux, qu'il y ait lieu de les fabriquer ou seulement de les exploiter, parce que, dans les deux cas, le profit de l'opération dépend toujours essentiellement du choix et du mode d'emploi des matières premières ou des matériaux avec lesquels ils sont construits ou que leur fonctionnement transforme pour notre utilité.

Il y a des rapports ou des relations nécessaires entre les qualités des matières premières et les aptitudes des organismes qui doivent les transformer. Ces aptitudes sont essentiellement variables selon le genre des machines animales, et les rapports varient aussi selon l'objet et le but de la production. Toutefois, la nutrition obéit d'abord à des lois générales, comme la constitution anatomique même des machines considérées. Nous devons, en conséquence, exposer préalablement ces lois, pour examiner ensuite successivement la nutrition des animaux envisagée au point de vue de chacune des spécialités de la production animale.

DE LA NUTRITION EN GÉNÉRAL.

Composition du sang. L'étude de la nutrition a pour base fondamentale nécessaire la connaissance des propriétés et de la composition du sang. Le liquide sanguin est le milieu intérieur, selon l'expression de l'illustre physiologiste Claude Bernard, dans lequel tous les tissus et toutes les humeurs de l'économie animale puisent les éléments de leur constitution. C'est par son intermédiaire qu'ils empruntent au milieu extérieur ou ambiant les substances minérales élaborées par les végétaux et le gaz oxygène qui forment les aliments proprement dits. La digestion de ces aliments et l'absorption directe de l'oxygène atmosphérique, dans les poumons et au travers de la peau, ont donc pour but prochain, non pas le développement et le renouvellement indiscontinu de ces tissus, mais bien l'entretien de la composition normale du sang.

Le sang se compose d'un fluide ou *plasma*, dans lequel sont suspendus des corpuscules dont les uns sont colorés en rouge et les autres incolores. Son poids spécifique oscille entre 1,045 et 1,075; sa température entre + 34,02° et + 41,3° C. Les corpuscules colorés, *globules rouges* ou *hématies*, sont, chez les mammifères, des disques arrondis dont le diamètre est, chez le cheval, 0,0025 millimètres, chez le bœuf, 0,0031 millimètres. Vus isolément et par transparence, leur couleur est jaunâtre; en masse plus ou moins considérable sur le champ du microscope, où ils se présentent agglomérés à plat ou à la manière d'une pile de pièces de monnaie renversée, cette couleur est rosée ou rouge. Ils sont formés d'une membrane et d'un contenu le plus souvent transparent, mais parfois granuleux. Dans l'eau pure, ils se vident au bout d'un certain temps et leurs contours deviennent irréguliers, anguleux. On a compté, dans un millimètre cube de sang, jusqu'à cinq millions et demi d'hématies. Le sang des herbivores est considéré comme le moins riche de ces corpuscules, parmi tous les mammifères.

Les *globules blancs*, ou *corpuscules lymphatiques*, ou *encore leucocytes*, sont également circulaires ou arrondis. Ce sont des cellules, aplaties dans quelques cas, dont le diamètre est d'environ 0,004 millimètres. Leur contenu est finement granuleux avec un noyau plus ou moins transparent. Ils sont plus légers que les hématies et en quantité moins grande dans le sang. On admet que, dans les conditions normales, il y a de 1 à 2 leucocytes pour 1,000 hématies.

Aussitôt que le sang cesse de circuler dans ses vaisseaux, il subit le phénomène de la coagulation, par une sorte de solidification de la *fibrine*, qui emprisonne en quelque sorte les globules pour former une masse élastique, à laquelle a été donné le nom de *cruor* ou de *caillot sanguin*. Les parties dissoutes dans l'eau, qui restent, c'est-à-dire le plasma moins la fibrine, forment le *sérum* du sang, qui est un liquide jaunâtre dont la réaction est nettement alcaline.

Le sang est le véhicule d'un mélange gazeux qui, à l'état normal, est formé d'oxygène, d'azote et d'acide carbonique. La proportion de ces gaz qu'il peut contenir dépend de la pression, mais non en ce qui concerne l'oxygène, dont une partie est retenue par les globules à un certain état de constitution chimique. C'est de ce phénomène que résultent les différences de coloration qui se font remarquer entre le sang veineux et le sang artériel. Celui-ci est rouge vif ou rutilant; l'autre est rouge brun. Il suffit de le mettre en contact avec l'oxygène pour lui faire acquérir aussitôt la couleur du sang artériel.

L'analyse la plus récente de la composition du sang de cheval est de J. Hoppe. Il a trouvé dans 1,000 parties :

Plasma	673,8
Corpuscules sanguins	326,2
1,000 parties de corpuscules lui ont donné:	
Eau	565,0
Éléments solides	435,0
Dans 1,000 parties de plasma, il a trouvé:	
Eau	908,4
Éléments solides	91,6
Fibrine	10,1
Albumine	77,6
Matière grasse	1,2
Éléments extractifs	6,4
Sels insolubles	1,7

Le mélange gazeux du sang mesure à peu près la moitié du volume de celui-ci.

Dans 100 volumes de sang de mouton, Nawrocki a trouvé:

	Artériel.	Veineux.
Acide carbonique	34,30	34,50
Oxygène	8,13	4,13
Azote	1,36	2,53
Mélange total	43,79	41,16

D'après Gréhant, le sang de cheval contient, pour 100 centimètres cubes:

	Sang artériel.	Sang veineux.
Volume total des gaz	12cc,54	11cc,12
Oxygène	3 ,14	1 ,47
Azote	1 ,15	2 ,35
Acide carbonique	8 ,23	7 ,30

De la comparaison de ces nombres ressort évidente la conclusion que le sang artériel diffère du sang veineux,

seulement par la plus forte proportion d'oxygène qu'il contient à l'état gazeux. Cette proportion est environ du double.

La connaissance des substances minérales contenues dans le sang a aussi une grande importance. En voici l'analyse, pour 100 parties, d'après Gorup-Besanez:

	Cheval.	Bœuf.	Mouton.	Cochon.
Chlorure de sodium. . .	72,88	53,71	50,62	49,54
Soude..	16,58	14,40	13,40	5,33
Potasse..	25,36	8,76	7,93	18,54
Chaux.	4,86	0,85	1,10	1,90
Magnésie..	0,80	0,59	0,82	0,97
Oxyde de fer..	10,69	8,80	9,17	9,50
Acide phosphorique. . .	13,37	5.06	4,99	12,75
Acide sulfurique.. . . .	2,19	1,16	1,91	1,34
Acide silicique..	0,62	1,11	—	—
Acide carbonique. . . .	6,57	6,49	6,35	0,36

Aliments. Les animaux sont herbivores ou omnivores, quant à ceux qui nous intéressent ici, c'est-à-dire qu'ils se nourrissent exclusivement de matières végétales, ou à la fois de matières végétales et de matières animales. Du reste, quelle que soit leur origine, ces matières alimentaires sont composées des mêmes éléments fondamentaux; elles ne diffèrent que par leur constitution immédiate, à laquelle sont dues leurs propriétés nutritives diverses. Pour l'étude de la nutrition, la connaissance des principes immédiats constituants des aliments importe donc plus que leur analyse élémentaire; et, en outre, si cette connaissance se bornait aux propriétés chimiques seulement, elle ne serait point suffisante; les propriétés nutritives des principes immédiats alimentaires ne peuvent être constatées que par l'analyse physiologique. Des expérimentations nombreuses sur l'alimentation des animaux nous ont, en ces derniers temps, fourni sur le sujet de précieux éclaircissements.

Les principes immédiats végétaux qui, dans l'économie animale, concourent à la formation des humeurs et à celle des éléments figurés, se divisent nettement en deux groupes. Dans le premier entrent tous ceux qui contiennent de l'azote; dans le second, ceux qui en sont dépourvus. Liebig avait qualifié les uns d'*aliments plastiques*, les autres d'*aliments respiratoires*, parce qu'il croyait, à tort, au moment où il a établi sa distinction, que les principes immédiats azotés contribuaient seuls à la formation des tissus, tandis que les autres avaient, selon lui, pour unique fonction de servir à l'entretien de la chaleur animale. La vérité est qu'azotés ou non, les aliments concourent toujours, seulement dans des mesures et des modes divers, à la fois au développement et au renouvellement des éléments anatomiques et au dégagement de la chaleur, l'assimilation nutritive étant toujours accompagnée de phénomènes thermiques.

Les éléments nutritifs azotés sont maintenant appelés, en France comme en Allemagne, *albuminates*, *éléments albuminoïdes*, *éléments protéiques* ou simplement *protéine*. Leur caractère commun est de contenir en moyenne 16 pour 100 d'azote. Ils comprennent l'*albumine végétale*, la *légumine*, le *gluten*, l'*albumine* et la *fibrine animales*, la *caséine*, la *gélatine*, la *chondrine*, etc.

Les éléments nutritifs non azotés sont appelés, par les physiologistes, *hydrates de carbone*. Ils comprennent l'*amidon*, la *dextrine*, les *sucres*, la *cellulose jeune*, dits encore *extractifs non azotés*, les matières solubles dans l'éther, dites *matières grasses*, et les *fibres grossières* ou *ligneuses* composées de cellulose plus ou moins agrégée et incrustée.

Aux deux ordres de principes immédiats que nous venons de voir, il faut joindre les éléments nutritifs minéraux, ou *sels nutritifs*, comprennant comme essentiels l'*acide phosphorique*, le *chlore*, le *fer*, le *manganèse*, la *potasse*, la *soude*, la *chaux* et la *magnésie*.

NUTRITION DES ANIMAUX.

Tous ces éléments nutritifs organiques et minéraux sont également indispensables pour la constitution et le fonctionnement des tissus de l'organisme animal. L'absence suffisamment prolongée d'un seul d'entre eux, dans l'alimentation, rend impossible la continuation de la vie, ainsi que de nombreuses expérimentations physiologiques l'ont démontré. Il n'y a point d'alimentation complète sans la présence d'une matière protéique digestible, d'un hydrate de carbone organique et d'un phosphate assimilable à base de potasse, de chaux, de magnésie. Il va sans dire que la présence de l'eau n'est pas moins nécessaire. La suppression de l'une quelconque de ces substances conduit infailliblement à la mort, plus ou moins rapide, par inanition. Le rôle nutritif de chacune a été déterminé par l'expérimentation physiologique.

Il est par conséquent indispensable, pour avoir une idée assez exacte de la valeur d'un aliment, de le considérer isolément dans son analyse immédiate, non-seulement au point de vue quantitatif, mais encore au point de vue qualificatif. En effet, le degré de digestibilité des principes immédiats, ou la proportion de matière alibile qu'ils sont en état de livrer à l'osmose intestinale, varie suivant les végétaux qui les fournissent, leurs propriétés étant différentes en raison de la provenance de ces végétaux et de l'âge auquel ils sont arrivés. Donnons-en un exemple.

Chez les plantes très-jeunes, les principes immédiats qui les constituent sont, pour une très forte partie, directement diffusibles. Nul besoin, dès lors, d'une digestion préalable pour qu'ils soient absorbés dans l'intestin. Ils traversent tout de suite la membrane des vaisseaux et passent dans le sang. A mesure que le végétal avance en âge, les choses se présentent sous un autre aspect et la proportion osmosée va diminuant. Ainsi, pour le trèfle, on a constaté chez les bœufs et chez les moutons de notables différences entre la plante non fleurie et celle qui est arrivée à la fin de sa floraison. Les animaux ont assimilé, pour la même quantité de matière sèche, 15,4 pour 100 de protéine, 12 pour 100 d'extractifs non azotés, 21,1 pour 100 de ligneux et 20,7 pour 100 de matières grasses en plus, dans le cas du trèfle consommé avant la floraison. Même en comparant le début avec la fin de la floraison, il y a encore, en faveur du premier cas, des différences de 6,8 pour 100 de protéine, de 2,8 pour 100 d'extractifs, de 3,3 pour 100 de ligneux et de 5,8 pour 100 de matières grasses. Nous aurons à revenir sur ce fait important à propos de chacun des groupes de principes immédiats nutritifs. Il nous faut auparavant en poser d'autres d'un intérêt non moindre.

Relation nutritive. La valeur nutritive d'une matière alimentaire ne dépend pas seulement de sa digestibilité propre. Elle n'est, en conséquence, point absolue. Il y a, entre les divers éléments constituants de ce que nous avons nommé plus haut l'alimentation complète ou d'une ration, des rapports nécessaires, dont le principal est celui qui doit exister entre les matières azotées et les non azotées, moins celles qui sont qualifiées de ligneuses, pour une raison qui sera indiquée ultérieurement. Ce rapport est ce que nous nommons, par abréviation, la relation nutritive. Il a été déterminé expérimentalement pour les divers cas, et nous l'exprimons indifféremment par les deux formules suivantes:

$$\frac{MA}{MNA}, \quad \text{ou} \quad MA:MNA,$$

dans lesquelles MA désigne les matières azotées et MNA les matières non azotées.

Le premier terme de la relation étant égal à l'unité, le second varie, dans les conditions reconnues comme étant les plus favorables à la nutrition, seulement dans les limites extrêmes de 2 à 5. En deçà ou au delà de ces

limites, les matières alimentaires ne sont plus utilisées au même degré; le quantum de chacun des principes immédiats constituants de la ration livré à l'osmose intestinale diminue en raison de l'accroissement de l'écart.

Les déterminations dont il s'agit ici, tirées de l'expérience, sont d'ailleurs conformes à l'ordre naturel des choses. On n'en saurait être surpris. En effet, le rapport 1 : 2 entre MA et MNA est celui qui se présente dans le lait; le rapport 1 : 5, celui qui existe dans les plantes des prairies permanentes arrivées à leur maturité, ou au moins en pleine floraison. Dans les jeunes herbes, il est 1 : 3.

Ces diverses relations peuvent donc fournir d'excellentes bases pour la constitution des rations alimentaires, eu égard à l'état particulier des sujets qu'il y a lieu de nourrir, afin de tirer des aliments qu'on leur fait consommer le meilleur parti possible. L'aptitude pour digérer et s'assimiler ou organiser les éléments nutritifs azotés va diminuant depuis la naissance de l'animal jusqu'à ce que son organisme soit achevé ou qu'il ait atteint l'âge adulte. La décroissance de cette aptitude suit une progression qui peut être considérée comme régulière, et qui, chose curieuse, correspond évidemment aux changements corélatifs qui s'opèrent dans les conditions normales de l'alimentation naturelle des herbivores. En effet, la relation nutritive étant 1 : 2 dans le lait maternel qui fournit le premier aliment, elle est 1 : 3 dans les jeunes herbes que l'animal consomme après le sevrage. Chez celles-là, de 1 : 3 la relation passe à 1 : 4 puis à 1 : 5, à mesure qu'elles se développent et qu'elles atteignent leur propre maturité.

C'est sur ces bases que nous aurons à nous appuyer quand nous nous occuperons de l'application des principes généraux de la nutrition aux cas spéciaux de la production animale, ou en d'autres termes de la détermination scientifique des relations nutritives particulières. Pour transformer en valeurs numériques les signes de ces relations, l'analyse immédiate quantitative de toutes les matières susceptibles d'être employées comme aliments est indispensable. Le mieux serait de l'exécuter dans chaque cas, attendu les variations très-grandes qui se présentent et qui sont sous la dépendance des conditions dans lesquelles les végétaux alimentaires se sont développés. Mais il a été dressé des tables de la composition immédiate des matières alimentaires, indiquant à la fois les extrêmes et la moyenne de richesse pour chaque groupe d'éléments nutritifs organiques et minéraux. A la condition qu'ils soient judicieusement mis en œuvre, les nombres de ces tables peuvent suffire, soit pour l'établissement d'une ration conforme à la relation nutritive déterminée, soit pour le calcul des équivalences dans les substitutions de matières alimentaires. Ce calcul, toutefois, n'est possible que d'après certaines bases, qu'il faut encore indiquer.

Equivalents nutritifs. Ouvrant la voie des recherches sur l'important sujet qui nous occupe, Boussingault et Payen avaient pensé que les aliments pouvaient être comparés entre eux eu égard seulement à la propotion d'azote élémentaire qu'ils contiennent. Considérant le foin comme l'aliment normal des herbivores, ils avaient pris le bon foin de prairie naturelle ou plutôt permanente, comme point de comparaison, en lui attribuant, quant à sa teneur en azote, la valeur de 100. Tous les autres aliments étaient représentés par un nombre équivalent, plus fort ou plus faible, selon que leur teneur en azote était plus ou moins au-dessous ou au-dessus de celle du foin.

La table de ces auteurs, construite ainsi par induction, subit plus tard des modifications, lorsqu'il fut reconnu que l'acide phosphorique jouait un rôle non moins important dans la nutrition. Avant eux, des recherches empiriques, exécutées surtout par Thaer et par Pabst, en Allemagne, par Mathieu de Dombasle, en France, avaient de même servi à l'établissement de tables d'équivalents, auxquelles Allibert a depuis voulu donner pour base la considération de la teneur en carbone.

NUTRITION DES ANIMAUX.

Toutes ces recherches, qu'elles fussent purement chimiques ou expérimentales, avaient nonobstant pour conséquence de ramener toujours les matières alimentaires quelconques à la valeur nutritive du foin. Elles conduisaient à faire admettre, par exemple, que 220 unités en poids de pommes de terre ou 280 de betteraves nourrissent autant que 100 de foin ou sont leur équivalent nutritif absolu; autrement dit, que 100 est la valeur en foin de 220 de pommes de terre ou de 280 de betteraves.

Dans l'état actuel de la science, de telles conclusions ne sont plus admissibles. Elles ont été d'ailleurs depuis longtemps abandonnées par l'illustre savant qui seul, parmi les auteurs cités, est encore vivant. Pour y persister, il faut n'être pas au courant des progrès qui se sont accomplis dans les études physiologiques sur ce point particulier, par les travaux de Bischoff et Voit, Haubner, Henneberg et Stohmann, Crusius, Hellriegel, E. Wolff, G. Kühn, etc., ayant eu pour conséquence la démonstration de la relation nutritive nécessaire, plus haut définie. Ces travaux ont fait voir expérimentalement que l'équivalence ne saurait à aucun titre s'établir entre des matières végétales dont la relation nutritive est différente; qu'elle n'est possible qu'entre les principes immédiats de même nature, provenant de végétaux analogues, et encore à la condition que leur degré de digestibilité ne diffère point, c'est-à-dire qu'ils soient sensiblement de même âge: qu'une tige, par exemple, peut, dans une certaine mesure, être substituée à une autre tige du même groupe botanique ou d'un groupe voisin, une racine charnue à une autre racine charnue, un tubercule, à un autre tubercule, une graminée fourragère à une autre graminée, la carotte à la betterave, la pomme de terre au topinambour, mais non point l'avoine au foin, la betterave à celui-ci, ou la pomme de terre à l'avoine.

Les véritables équivalents nutritifs, dans la mesure où ils sont maintenant admissibles, ne dépassent donc point la limite de chacun des principes immédiats considéré isolément et au point de vue de toutes ses propriétés alimentaires; les seules vraies tables de ces équivalents ne se distinguent nullement de celles qui nous fournissent des renseignements sur la composition qualitative et quantitative des aliments.

Coefficient de digestibilité. Considéré en lui-même, chacun des principes immédiats nutritifs faisant partie d'une matière alimentaire complexe, telle qu'elle nous est fournie par les végétaux, n'est pas nécessairement digéré et absorbé en totalité, encore bien que la relation nutritive serait aussi convenable que possible; cela dépend de l'état dans lequel il se trouve, eu égard à l'action que peuvent exercer sur lui les puissances digestives, dont le but est de le rendre diffusible, de façon à ce qu'il soit osmosé par les membranes intestinales. Il est plus ou moins accessible à cette action, selon que le contact peut être plus ou moins direct et plus ou moins prolongé entre lui et les sucs digestifs dont la fonction est de modifier sa constitution.

L'organisation végétale présente à cet égard des conditions variées, qui influent sur le résultat et font que les matières protéiques de la paille de froment, par exemple, ne sont pas digérées dans la même proportion que celles du foin de pré. C'est cette proportion relative déterminée par l'expérience, que nous nommons le coefficient de digestibilité. Avant d'en indiquer les valeurs numériques moyennes pour chacun des principes immédiats nutritifs et chacun des principaux aliments propres à la nourriture des animaux, il sera bon de donner ici quelques notions essentielles sur les phénomènes qui se passent dans l'appareil digestif et qui sont exclusivement du domaine de la chimie. Nous nous ren-

drons ainsi bien plus facilement compte de l'importance du fait, parce que nous en pourrons saisir les raisons physiologiques.

Les glandes salivaires, situées autour de la bouche, secrètent un liquide bien connu sous le nom de *salive*, qu'elles versent dans son intérieur et qui imprègne les aliments pendant leur mastication. Ce liquide, fortement aqueux, contient des sels, qui sont : des chlorures de sodium et de potassium, du phosphate de soude tribasique, des phosphates de chaux et de magnésie, des carbonates de soude, de potasse et de chaux ; du mucus, des cellules d'épithélium et une matière azotée particulière que Berzélius appelait *ptyaline*. Mialhe lui a donné le nom de *diastase salivaire*, qui convient en vérité mieux, parce que cette matière a exactement les propriétés de celle qui, dans l'orge germée, transforme l'amidon d'abord en dextrine, puis en glycose.

La muqueuse de l'estomac produit de son côté un liquide appelé *suc gastrique* et contenant de l'eau, de faibles proportions d'acide lactique et d'acide chlorhydrique et un ferment spécial, élaboré par des cellules particulières, et qui porte le nom de *pepsine*. Ce suc complexe a la propriété de modifier la constitution des matières albuminoïdes. Les acides les désagrégent en même temps qu'il agissent sur les matières amylacées et sur la cellulose à la manière de la diastase, ainsi que les chimistes le savent bien ; mais c'est la pepsine surtout qui fait subir aux albuminates la modification isomérique en vertu de laquelle ils deviennent diffusibles et peuvent traverser les membranes organiques. Sans cette modification, on sait que l'albumine même la plus fluide, telle que celle du blanc d'œuf ou du sérum du sang, est à peine ou pas du tout diffusible ; à plus forte raison la fibrine, la caséine, la légumine, le gluten, etc., dont la constitution moléculaire est plus solide.

Lehmann a nommé *peptone*, et Mialhe *albuminose*, le produit diffusible de l'action de la pepsine sur l'albumine ou sur les albuminates. Cette action, ainsi du reste que celle de la diastase salivaire ou du suc gastrique sur les amylacés, se passe aussi bien dans un vase inerte que dans l'estomac, pourvu que la température soit convenable, c'est-à-dire qu'elle ne s'éloigne pas beaucoup de celle du corps ; à + 35° C., l'action se produit.

Dans la première portion de l'intestin ou le duodénum se déversent deux autres liquides, l'un provenant du foie, l'autre d'une glande abdominale analogue aux salivaires et qui porte le nom de pancréas. Le premier, en partie excrémentitiel, est la *bile*, contenant environ 90 p. 100 d'eau et caractérisée par la présence de deux sels organiques alcalins à base de soude, qui ont la propriété de saponifier les huiles et les graisses ; le second est le *fluide* ou *suc pancréatique*, liquide sirupeux, alcalin comme la salive et la bile et jouissant de propriétés complexes. Il transforme l'amidon en sucre, mais de plus il émulsionne les corps gras (Cl. Bernard), et il agit sur les matières albuminoïdes à la façon du suc gastrique (L. Corvisart).

Enfin la muqueuse intestinale, pourvue de nombreux follicules glandulaires, secrète elle même un suc complexe qui, mélangé avec la bile et le fluide pancréatique, forme un liquide mixte alcalin qui jouit à lui seul de la faculté de digérer les aliments de toute sorte.

En cheminant et en séjournant dans les diverses parties de l'appareil digestif, après qu'ils ont été divisés par la mastication, dans la bouche, l'estomac et l'intestin, ces aliments sont attaqués par les agents que nous venons de décrire sommairement. Ils y subissent les modifications dont le but final est de rendre diffusibles ceux de leurs principes immédiats constituants qui naturellement ne le sont que peu ou point. On comprend sans peine que l'attaque sera d'autant plus efficace, d'abord, que cette attaque aura pu être plus directe et que le principe immédiat lui-même, en vertu de sa constitution propre, sera plus attaquable. En ce double sens, les jeunes végétaux, par exemple, d'une complexion peu solide, les parties des végétaux plus âgés qui ne contiennent qu'une faible proportion des matières ligneuses formant la trame de leurs tissus ou l'enveloppe de leurs cellules, opposent aux agents digestifs une résistance moindre que celle qui appartient en général aux plantes complétement développées et en particulier aux tiges formées de fibres ligneuses grossières dans une forte proportion. Dans ces dernières, les principes immédiats, d'ailleurs facilement attaquables en eux-mêmes, sont protégés contre l'action des agents digestifs par leur enveloppe résistante.

C'est la connaissance de ce fait qui donne l'explication simple et facile de l'utilité des préparations préalables que l'on fait subir aux aliments grossiers par la division, la cuisson, la macération, la fermentation, etc. Ces préparations diverses ont pour effet nécessaire de rendre plus efficaces les actions plus haut décrites, la plupart agissant d'ailleurs dans le même sens sur les principes immédiats. C'est le cas, en particulier, pour la cuisson, la macération et surtout la fermentation.

En tout cas, les matières directement solubles ou diffusibles et celles qui le sont devenues sous l'influence des phénomènes chimiques de la digestion, peuvent en cet état être livrées à l'osmose intestinale. La muqueuse des intestins présente une multitude de villosités qui en multiplient énormément les surfaces et qui sont formées principalement par un admirable réseau de capillaires sanguins. La vue au microscope de ce réseau injecté, sur une préparation bien faite, est un spectacle curieux et fort instructif. C'est au travers des minces parois des vaisseaux dont il s'agit que s'effectue l'osmose. Le dialyseur de nos laboratoires n'est que la représentation simplifiée de celui qui nous est offert par l'intestin des animaux. D'une part, le liquide sanguin qui circule dans le système des vaisseaux ; de l'autre la masse alimentaire delayée par l'eau des boissons, qui lui fournit de son côté un contingent de substances osmotiques par les sels minéraux solubles qu'elle contient, par ses sels de chaux surtout ; entre les deux la mince membrane des vaisseaux capillaires, au travers de laquelle toutes les matières diffusibles de la masse alimentaire sont dialysées pour passer dans le torrent circulatoire. Nous les y suivrons ultérieurement, pour nous rendre compte des mutations qu'elles subissent, et dans ce même torrent circulatoire, et dans l'intimité des tissus, jusqu'à l'élimination de leurs résidus. Quant aux matières non diffusibles, soit en elles-mêmes, soit pour avoir échappé à l'action des puissances digestives, elles continuent de cheminer jusqu'à l'extrémité du tube intestinal, où elles sont expulsées sous la forme connue d'excréments.

De la comparaison entre la composition immédiate des aliments introduits dans l'appareil digestif et celle des excréments solides ainsi expulsés, on a déduit, par des recherches expérimentales très-nombreuses, les coefficients de digestibilité dont nous nous occupons, en considérant à part chacun des groupes de principes immédiats dont la connaissance est nécessaire pour l'établissement de la relation nutritive. Nous allons maintenant passer en revue ce qui est acquis à la science à cet égard, en commençant par ce qui concerne les *matières protéiques*.

Pour ce qui dépend de la relation nutritive, Stohmann ayant déterminé la loi qui régit la digestibilité de ces matières, et en vertu de laquelle celle-ci croît en sens inverse du second terme de la relation, ou de celui qui s'exprime par MNA (extractifs non azotés + matières grasses), Stohmann, disons-nous, a construit une table de diviseurs à l'aide de laquelle étant donnée la relation, on peut calculer le coefficient de digestibilité. Supposons que cette relation soit = 1 : 4,1. Le diviseur de la table est en ce cas = 1,45. Suppo-

sons, en outre, que dans la ration considérée la quantité totale des matières protéiques soit = 3,28, la quantité digérée sera $\frac{3,28}{1,45} = 2,26$. Or, l'expérience directe a donné à G. Kühn, dans le cas semblable, 2,27. Le calcul et l'observation sont donc d'accord. Henneberg et Stohmann ont constaté par l'expérience que, sur 3,94 de matières protéiques contenues dans une ration dont la relation nutritive était = 1 : 5,6, il n'y en avait eu que 2,43 de digérées. Le diviseur de la relation dont il s'agit est = 1,62. Or, $\frac{3,94}{1,62} = 2,43$.

Les expériences précédentes ont été faites sur des bœufs. Sur un mouton, Hofmeister, avec une relation = 1 : 11,7 et pour un total de 0,516 de matières protéiques, a constaté que la quantité digérée était = 0,22. Le diviseur, pour cette relation, est = 2,30. Or, $\frac{0,516}{2,30} = 0,22$.

Il suffit de ces vérifications, qui pourraient être beaucoup multipliées, pour montrer que la table de diviseurs dressée par Stohmann mérite toute confiance. On la trouvera, ainsi que celles de la composition immédiate des diverses matières alimentaires, que nous ne pouvons pas songer à reproduire ici à cause de leur grande étendue, dans le premier volume de notre *Traité de zootechnie*, deuxième édition.

C'est surtout sur la digestibilité de ces matières protéiques que se fait sentir l'influence des conditions signalées plus haut, au sujet de la constitution en quelque sorte anatomique des organes végétaux dont elles font partie. Dans les nombreuses recherches expérimentales qu'ils ont instituées à la station de Weende-Gœttingue, Henneberg et Stohmann ont montré que les bœufs digèrent complétement la légumine des fèves égrugées ou décortiquées, tandis qu'il n'y a d'utilisé que 26 pour 100 des matières protéiques de la paille de froment, 49 de celles de la paille d'avoine, 51 de celles de la paille de fève et du foin de pré. En moyenne, dans une ration complexe, on estime à 50 pour 100 environ le coefficient de digestibilité de ces matières.

Dans une exploitation agricole, la notion précise de leur coefficient n'a pas l'importance qui lui appartient en ce qui concerne les moteurs animés d'une exploitation industrielle ou ceux qui sont employés pour l'agrément personnel. Les albuminates non digérés n'en sont pas moins utilisés dans le premier cas, en leur qualité de matières fertilisantes pour les terres. Elles vont au fumier toujours, mais la valeur de celui-ci n'est pas la même dans les deux cas pour l'exploitant. Celui qui le vend ne bénéficie point de sa richesse plus grande comme celui qui l'emploie, le fumier n'étant point vendu sur analyse, comme les engrais dits commerciaux. Et c'est ici une bonne occasion pour appeler en passant l'attention sur l'intérêt qu'il y a à s'enquérir de la ration alimentaire que consomment les animaux dont on veut acheter le fumier.

Nous empruntons aux résultats des expériences de Henneberg et Stohmaan, Hofmeister, Hellriegel et Lucanus, etc., les coefficients de digestibilité suivants, trouvés pour les matières alimentaires les plus usitées, à l'égard des matières protéiques qu'elles contiennent :

Paille de froment	26 %
— d'avoine	49 »
— de fève	51 »
Mélange de racines ou de pulpes avec la paille hachée	46 »
Foin de trèfle	51 »
Jeune trèfle avant la floraison	72 »
Foin de pré	60 »
Regain de pré	70 »
Tourteaux de graines oléagineuses	70 »
Semences de céréales et de légumineuses	90 à 100

Ces nombres représentent des moyennes générales. Le genre de l'animal considéré y introduit des variations. Voici ceux auxquels on s'est arrêté pour chacun des genres:

Cheval.	Bœuf.	Vache.	Mouton.	Chèvre.
69,64 %	65,00 %	57,0 %	57,0 %	60,0 %

Dans l'application, il y a lieu de tenir encore grand compte de l'aptitude digestive individuelle, qui introduit sa correction propre dans le résultat. On risquerait fort de se tromper gravement si l'on accordait aux formules et aux nombres dont il s'agit une valeur absolue. Ils sont faits pour éclairer l'observation et pour la guider, non pour la suppléer complétement dans les cas particuliers. Le praticien judicieux s'en sert comme lui fournissant des données importantes pour résoudre les problèmes complexes toujours qui lui sont posés par l'alimentation des animaux. C'est en toute chose, d'ailleurs, le rôle de la science.

La digestibilité propre des *matières grasses* n'offre pas un moindre intérêt à l'étude des bases scientifiques de l'alimentation, bien que leur proportion, dans la ration, soit la plus faible, par rapport à celle de tous les autres principes immédiats nutritifs. Elles prennent une part directe au développement des tissus, ainsi que le pouvait faire pressentir leur présence dans le lait pour une part relativement considérable. Crusius, qui s'en est occupé le premier expérimentalement, a montré que l'accroissement journalier des jeunes veaux n'est pas en rapport avec les proportions de caséine et de lactose que contient le lait qu'ils consomment, mais bien en raison de la proportion du beurre. La loi qui régit le phénomène exerce encore même son influence sur la nutrition des animaux adultes parce que, d'après les expériences de Crusius, confirmées depuis par tous les observateurs, cette influence est indépendante de l'assimilation même des matières grasses comme élément d'un tissu particulier, du tissu adipeux contenant les diverses sortes de graisses. Nous y reviendrons plus en détail à propos des opérations d'engraissement.

Quant à présent, il faut se borner à dire qu'elles agissent en ce sens en augmentant le coefficient de digestibilité de tous les autres principes immédiats nutritifs, lorsqu'elles existent dans la ration en quantité telle que leur rapport avec les matières protéiques est comme 1 : 2,2. En deçà ou au delà de ce rapport, leur effet utile n'est plus le même. C'est pourquoi il importe beaucoup de les considérer à part dans l'établissement de la relation nutritive.

En tant qu'aliments propres, et à la condition de distinguer, parmi les matières solubles dans l'éther que fournissent les végétaux, les huiles et les graisses proprement dites des diverses sortes de cires et des matières résineuses ou résinoïdes, dont les propriétés nutritives sont bien différentes, il peut s'établir des rapports d'équivalence entre les matières grasses et les hydrates de carbone, tels que les principes amylacés et cellulosiques. On a établi, par exemple, que 1 de matière grasse peut dégager, dans l'économie animale, autant de chaleur que 2,5 de cellulose ou de fécule, et que 3 de sucre cristallisé. Cela explique comment, chez les animaux soumis à l'inanition, Colin a constaté que la graisse en dépôt disparaît d'abord, puis la matière sucrée, dont la présence se manifeste dans le foie jusqu'à ce que le refroidissement ait atteint un degré qui n'est plus compatible avec la continuation de la vie. Mais, eu égard à la fonction tout à l'heure signalée, la composition du second terme de la relation ne saurait être ainsi indifférente. Les extractifs non azotés ne peu-

NUTRITION DES ANIMAUX.

vent y suppléer les matières grasses. Cette fonction leur est absolument propre.

Les coefficients de digestibilité moyens de ces matières, considérés dans l'ensemble que fournit l'extraction par l'éther, sont, pour les divers genres d'animaux, les suivants:

Cheval.	Bœuf.	Vache.	Mouton.	Chèvre.
58,92 %	64,4 %	65,4 %	61,22 %	44,00 %

Durant longtemps on a cru, sur la foi des physiologistes et surtout des chimistes français qui se sont occupés des propriétés des substances alimentaires, en particulier d'après les travaux de Payen, que les *fibres grossières* ou *ligneuses* des végétaux étaient absolument réfractaires aux actions digestives. Des expériences de Haubner, exécutées à l'École vétérinaire de Dresde sur des moutons avec de la sciure de bois de peuplier, de sapin et de pin, ont montré que ces animaux digéraient de 40 à 50 pour 100 de la première et 30 à 40 pour 100 des secondes. Sussdorf et Stœckardt ont confirmé depuis le fait en étendant l'expérience aux fibres ligneuses de la plupart des végétaux herbacés alimentaires. Il est maintenant acquis à la science.

Ici comme toujours, du reste, le coefficient de digestibilité varie beaucoup selon la provenance de la matière ligneuse, selon que la cellulose pure ($C^{12} H^{10} O^{10}$) qui en constitue la base et qui, à vrai dire, est seule digestible, est plus ou moins agrégée, plus ou moins incrustée des matières étrangères constituant le ligneux. Cette cellulose, quand elle est jeune, comme dans les premières feuilles tendres des plantes, ne diffère guère par ses propriétes nutritives des principes amylacés dont nous parlerons tout à l'heure. Elle ne se distingue pas alors du groupe de substances qualifiées d'extractives non azotées et elle les supplée dans la digestion, comme nous allons le voir. Toutes les expériences prouvent, au contraire, que la cuticule ligneuse des graines quelconques ne cède rien et se montre absolument réfractaire aux puissances digestives.

Dans les aliments riches en fibres grossières qui sont les plus usités, voici les coefficients de digestibilité pour les matières ligneuses, d'une manière générale:

Paille de froment.	52 %
— d'avoine.	55 »
— de fève.	36 »
Foin de trèfle.	39 »
— de pré.	60 »

Ces coefficients moyens ont été déterminés à Weende, par Henneberg et Stohmann. Eu égard aux divers genres d'animaux, les différences se caractérisent ainsi:

Cheval.	Bœuf.	Vache.	Mouton.	Chèvre.
33,68 %	60 %	60,8 %	57,70 %	62 %

Il est frappant que ces nombres sont beaucoup plus élevés, presque doubles, pour les ruminants. Bien que la qualité des sucs digestifs ne diffère point, chez les herbivores en général, on n'éprouve aucune difficulté à se rendre compte du fait. Il suffit, pour l'expliquer, de songer au long séjour que font les aliments dans le tube digestif des ruminants. Des expériences spéciales ont bien des fois montré qu'il ne s'écoule jamais moins de huit jours entre l'instant de l'introduction d'une matière alimentaire par la bouche, chez ces animaux, et celui de l'expulsion de ses résidus par l'anus. Pour s'en assurer, on joint à cette matière une substance reconnaissable dans les excréments. Les expérimentateurs allemands se servent pour cela des airelles, qui colorent ces derniers.

Durant ce long séjour, les tissus les plus résistants ont le temps d'être attaqués et rendus diffusibles. C'est là une circonstance importante à connaître, parce qu'elle permet d'utiliser, dans l'alimentation des ruminants, ainsi que nous le verrons, des substances végétales grossières qui sans eux resteraient sans valeur, telles que les balles, les siliques, etc.

Mais les herbivores n'ont pas seuls la faculté de digérer et d'utiliser par conséquent les matières ligneuses ou cellulosiques. Les omnivores, qui nous intéressent aussi puisque les cochons en font partie, en tirent également parti, toutefois dans une mesure moindre et dans les conditions d'insuffisance du second terme de la relation nutritive, qui vont être indiquées à propos des *matières extractives non azotées*.

Celles-ci ont été nommées ainsi par Henneberg, parce que les tissus végétaux les cèdent à l'eau pure ou faiblement acide ou alcaline, comme elle se présente dans les fluides digestifs. La dextrine, les gommes et les sucres, directement diffusibles, sont digérés en totalité, pourvu qu'ils soient accessibles aux villosités intestinales. Il n'en peut pas être de même des corpuscules amylacés, qui ont une organisation propre, qui sont ce qu'on appelle en histologie des éléments figurés. Ils doivent être désagrégés. Nous avons vu que leur désagrégation est la fonction de la diastase salivaire et celle des acides du suc gastrique. Considérant donc l'ensemble des principes immédiats dont il s'agit dans les substances alimentaires que nous avons déjà plusieurs fois prises pour types, Henneberg et Stohmann ont trouvé qu'il en était digéré par le bœuf:

Paille d'avoine..	44 %
— de froment..	40 »
— de fève..	62 »
Foin de trèfle.	67 »
— de pré	67 »

Un fait curieux, révélé dans leurs expériences, c'est qu'en ajoutant à la portion digérée de ces matières celle du ligneux également digéré, on obtient une somme à peu près égale à celle des extractifs qui étaient contenus dans la ration. Ce fait, confirmé depuis bien des fois, a fourni le moyen de simplifier beaucoup l'établissement pratique de la relation nutritive, dans la constitution des rations alimentaires des animaux ruminants surtout, ainsi que nous le verrons. Du reste, le coefficient de digestibilité des extractifs ne subit pas de grandes variations, quand on l'envisage chez les animaux de genres différents. Il est, en moyenne, représenté par les nombres ci-dessous:

Cheval.	Bœuf.	Vache.	Mouton.	Chèvre.
68,59 %	66,3 %	70,1 %	71,75 %	64 %

De même que, dans une relation nutritive, le second terme influe sur le coefficient du premier, ainsi que nous l'avons vu, également celui-ci influe sur le coefficient du second. L'influence est donc réciproque. Haubner a vu que dans un cas où des moutons digéraient complétement la fécule de 1 kilogramme de pommes de terre composant leur ration journalière avec 1k,250 de paille de froment, la fécule apparaissait abondante dans leurs déjections dès que la ration de pommes de terre était portée à 1k,500. Si l'on ajoutait à l'alimentation 0k,125 de pois, la perte de fécule cessait aussitôt; on n'en retrouvait plus dans les excréments. C'est qu'alors la relation nutritive était devenue meilleure, les pois étant riches en matières protéiques qui relevaient ainsi son premier terme.

On remarquera que les pertes de matière nutritive sont en ce cas plus importantes qu'en ce qui concerne les éléments azotés. Elles s'effectuent sans compensation, parce que les déjections contiennent toujours en excès les matières amylacées qui peuvent être nécessaires pour la fertilité du sol.

Nous avons déjà fait observer que les *éléments minéraux* des substances alimentaires ont une action nutritive non moins indispensable que celle des matières organiques. Les *sels nutritifs* ne prennent pas seulement la part la plus considérable à la formation du squelette,

dont il suffira de faire connaître la composition chimique pour rendre superflu toute insistance à ce sujet; quelques-uns d'entre eux se trouvent, en outre, dans toutes les humeurs et dans tous les tissus, à titre de parties constituantes. Énonçons d'abord, d'après Bibra, les résultats les plus récents de l'analyse des os:

	Cheval.	Bœuf.	Mouton.
Matière organique.	31,10	31,00	30,38
Phosphate de chaux. . .	54,37	54,07	55,94
Carbonate de chaux. . . .	12,00	12,71	12,18
Phosphate de magnésie. .	1,83	1,42	1,00
Sels solubles.	0,70	0,80	0,50
Substance cartilagineuse.	27,99	29,09	29,68
Graisse.	3,11	1,91	0,70

On voit, d'après ces nombres, que les matières minérales constituent environ 70 pour 100 du squelette. Étant donnée la part de celui-ci dans le poids du corps, il est clair que de ce chef seulement, chez les animaux en période de croissance, la ration journalière doit nécessairement contenir une forte proportion de ces matières. Chez les adultes, dont le squelette est achevé et ne se renouvelle plus comme les autres tissus de l'économie, du moins à l'état normal, les besoins sont beaucoup moindres. Aussi la vie peut persister durant un certain temps, en l'absence complète de quelqu'une des substances minérales nutritives, dont les indispensables pour les jeunes sont l'acide phosphorique, la potasse, la soude, la chaux, la magnésie, le chlore et le fer. Mais ce temps n'est jamais bien long. Voit a établi expérimentalement qu'une ration alimentaire complétement dépourvue de potasse, par exemple, détermine, au plus tard au bout d'un mois, chez les chiens, tous les phénomènes de l'inanition, précédés de la manifestation du délire de la faim, quelque copieuse que soit d'ailleurs la ration. Kemmerich, Dünkelberg ont, de leur côté, démontré son influence favorable à l'assimilation des albuminates, chez les herbivores et les omnivores.

Le rôle de la potasse serait, selon Marcet, de rendre assimilable à l'économie animale le phosphate basique de chaux qui, tel qu'il se présente à l'état cristalloïde dans les os, dans les roches comme l'apatite ou dans les coprolithes, n'est assimilable que pour les végétaux. Sous quelque forme du reste qu'on administre aux animaux les divers phosphates de chaux de provenance minérale directe, il est douteux qu'aucune de leurs parcelles puisse se fixer dans les tissus vivants des animaux.

De nombreuses expériences ont été faites récemment en Allemagne dans cette direction. Certains auteurs croient avoir constaté les propriétés nutritives des phosphates minéraux amenés à l'état colloïde par une préparation préalable. Les résultats auxquels ils sont arrivés manquent de netteté, la distinction entre ces phosphates ajoutés et ceux d'origine organique, faisant en même temps partie de la ration, n'ayant pas été suffisamment établie. Dans l'état actuel de la science, il faut s'en tenir à considérer comme seuls nutritifs pour les animaux les phosphates qui font partie de l'organisme des végétaux. Et c'est là une notion dont nous saisirons surtout l'importance quand nous nous occuperons plus loin de la nutrition particulière des individus en période de croissance.

Il y a encore un état de ces substances minérales qui devra fixer notre attention, c'est celui qui se présente dans le lait, dont elles font partie en proportion considérable. Cet état est incontestablement le plus propre à en faciliter la digestion. Là, il existe une sorte de combinaison entre le phosphate de chaux et la caséine, qui semble être une préparation à la formation des éléments du système osseux.

En dehors de ce cas, la condition la plus favorable est celle par laquelle l'acide phosphorique, à l'état de phosphate de potasse comme il existe dans les graines céréales, légumineuses ou oléagineuses, est mis en présence des sels de chaux contenus dans les tiges végétales fourragères et dans l'eau des boissons. Marcet a fait la théorie des réactions qui se passent alors dans le milieu intérieur du sang et desquelles résulte la formation du phosphate tribasique des os.

La digestion des autres sels nutritifs ne présente aucune difficulté, parce que tous sont solubles ou directement diffusibles dans les sucs digestifs. Ils sont osmosés par les chylifères avec une grande rapidité, dont on peut avoir une idée par la prompte élimination urinaire de ceux qui, étant solubles ou diffusibles comme eux, ne sont cependant pas nutritifs, en ce qu'ils ne font point partie intégrante des humeurs ou des tissus.

On ne s'est pas occupé de déterminer le coefficient de digestibilité des sels nutritifs, et cela se comprend sans peine, d'après ce que nous venons de dire. Quelques-uns d'entre eux ont attiré plus particulièrement l'attention des expérimentateurs, à cause de leur double rôle dans la nutrition, qui est non-seulement de fournir à l'économie animale des éléments de constitution, comme nous venons de le voir, mais encore d'exercer sur l'appareil digestif une action physique excitante de sa fonction. Cette action ne leur est pas exclusive, c'est pourquoi nous devons l'envisager d'une façon plus générale, en les faisant entrer dans une nouvelle catégorie à laquelle ils appartiennent en même temps que d'autres matières alimentaires de nature organique.

Condiments. — La digestion des matières alimentaires ne dépend pas seulement de leur digestibilité propre et de la relation mutritive, sur lesquelles nous venons de donner les détails essentiels; elle ne dépend pas seulement non plus de l'aptitude digestive individuelle; toutes choses qui cependant ont une influence prépondérante, en général, sur le coefficient; il y a, en outre, des dispositions actuelles qui ont pour effet de restreindre ou d'étendre ce coefficient.

D'abord, toutes les substances qui, par leur saveur ou par leur odeur, impressionnent agréablement le système nerveux de l'appareil digestif, ont la propriété de favoriser ainsi l'exécution de sa fonction. Ce sont ces substances qui sont depuis longtemps rangées parmi les condiments et dont un certain nombre servent dans nos cuisines à l'assaisonnement de nos mets. Toutefois les études récentes de Voit ont montré que le terme de condiment ne peut plus être maintenu dans des limites aussi restreintes. En le définissant d'une façon précise, l'auteur a fait voir qu'il s'applique justement à des circonstances sinon d'un autre ordre, du moins d'un tout autre genre. Les influences purement morales sont en ce sens incontestables chez nous. Il n'y a pas de raisons pour que les animaux y échappent, toutes proportions gardées; à plus forte raison, pour les influences physiques.

Un mets bien présenté, qui flatte à la fois l'œil et le goût et qui est mangé avec plaisir, sera toujours mieux et plus complétement digéré, à composition chimique égale, que s'il inspire une répugnance, si faible qu'elle puisse être. Une préoccupation pénible trouble toujours la digestion. L'état d'indifférence la réduit à son minimum d'action, bien qu'elle n'en soit point influencée d'une façon pénible. Voit a fait remarquer heureusement les effets différents sur la digestion qu'on observe quand on compare le repas consommé en face d'un beau site, dans la compagnie de convives aimés ou spirituels, de jeunes enfants gais surtout, à celui qui est pris dans la solitude ou la captivité. Cela soulève des questions dont nous ne pouvons pas nous occuper ici. Nous n'en parlons que pour bien faire sentir la définition exacte du condiment, qui trouve son application à des choses d'un ordre en apparence tout différent. Il en résulte que tout est condiment, à la condition que soit exercée, au mo-

ment où les matières alimentaires sont introduites dans l'appareil digestif, une action agréable sur le système nerveux, soit général, soit particulier à cet appareil. L'action générale retentit nécessairement sur ce dernier.

Il suffit donc, d'après cela, pour qu'une substance doive être rangée dans la classe des condiments, qu'elle ait la propriété d'exciter l'appétit. Elle peut ou non joindre à cette propriété celle d'être nutritive. Dans le premier cas, elle est à la fois condiment et aliment; dans le second elle est condiment seulement. La notion est importante à retenir, à cause de son utilité pour la bonne constitution des rations alimentaires, au moyen de combinaisons bien entendues entre les diverses substances nutritives, dont la valeur propre se trouve ainsi portée au plus haut degré.

Pour ce qui concerne l'alimentation des animaux, les condiments exclusifs sont peu nombreux. On n'admet pour tels que certaines plantes très-sapides ou odorantes des prairies, les ombellifères principalement, et le sel de cuisine parmi les matières minérales. On a beaucoup discuté sur la valeur de ce dernier, mais en général ceux qui l'ont contestée ne semblent pas s'être fait une juste idée de l'action condimentaire comme nous venons de la définir. Ils ont trop envisagé le chlorure de sodium en vue de son importance comme partie intégrante des humeurs et des tissus. Il suffit de constater le goût prononcé de la plupart des animaux, des ruminants surtout, pour les aliments salés. Cela montre évidemment qu'ils apprécient beaucoup le sel et qu'il est pour eux un condiment très-utile. Si l'on examinait à ce point de vue les expériences contradictoires dont la relation existe dans la science, on n'aurait pas de peine à montrer que loin de se contredire elles déposent au contraire toutes dans ce même sens, quel qu'ait pu être d'ailleurs leur résultat apparent.

Boissons. Nous savons que le sang contient un peu plus de 900 parties d'eau sur 1,000. D'un autre côté, les expériences de Boussingault ont démontré qu'un cheval perd, en vingt-quatre heures, environ 30 kilogrammes d'eau par les urines et par les exhalations de la peau et du poumon; celles de Henneberg et Stohmann, qu'un bœuf en perd, par les mêmes voies, environ 25 kilogrammes. Quelle que soit sa quantité, suivant les circonstances, cette perte est constante.

Les résidus solides du fonctionnement de la nutrition ou des échanges nutritifs qui s'opèrent dans l'intérieur des éléments cellulaires de l'organisme ne peuvent être éliminés qu'à l'état de dissolution dans l'eau. Pour entretenir sans variation sensible la constitution normale du sang, il est donc nécessaire que l'économie animale reçoive du dehors une certaine quantité d'eau chaque jour. Celle qui fait partie de la constitution des matières alimentaires que nous avons étudiées déjà ne serait point suffisante, atteignît-elle, comme c'est le cas pour les herbes vertes et les racines, les tubercules et leurs résidus industriels, jusqu'au delà de 80 pour 100 de leur poids. De là nécessité des boissons dans le régime alimentaire, indépendamment de l'action directe qu'elles exercent pour faciliter, par une dilution plus grande, l'absorption des éléments nutritifs par la membrane intestinale.

Ces boissons agissent donc principalement, mais non pas exclusivement, par l'eau, qui en forme toujours la base et dont le rôle physiologique se trouve suffisamment expliqué par ce qui précède. Nous disons que telle n'est point leur seule utilité, parce qu'elles contribuent, en outre, par les substances minérales que les eaux naturelles contiennent en dissolution, à fournir au sang leur contingent de ces substances nécessaires, ainsi que Boussingault l'a fait voir. C'est surtout de la chaux et de la magnésie qu'elles y introduisent pour suppléer, lorsqu'il y a lieu, à l'insuffisance de ces bases dans la constitution des aliments proprement dits.

NUTRITION DES ANIMAUX.

D'ailleurs, les eaux ne sont potables, c'est-à dire propres à servir de boisson, qu'à la condition de n'en être pas elles-mêmes dépourvues. On sait que les bases terreuses ne sont point facilement solubles dans l'eau, mais qu'à l'état de sels il en est autrement. Aussi est-ce à cet état qu'elles s'y trouvent naturellement, en présence de l'air. Dans des proportions convenables et pourvu que l'eau soit bien aérée, elles la rendent facilement digestive, c'est-à-dire légère pour l'estomac, selon la locution vulgaire. Quand, au contraire, l'eau est trop chargée de sels minéraux, elle devient lourde et impotable. Lorsqu'elle contient des matières organiques en décomposition, qui lui donnent une mauvaise odeur, due le plus souvent, comme l'a montré Chevreul, à la réduction des sulfates par ces mêmes matières organiques, elle est réputée insalubre. Elle est alors incontestablement fort désagréable pour l'homme et aussi pour la plupart des animaux, notamment pour les équidés et surtout pour les ânes, qui refusent obstinément de boire même quand seulement elle manque un peu de limpidité; mais il n'est pas du tout sûr qu'elle doive être réellement qualifiée d'insalubre, car les ruminants vont même jusqu'à lui accorder la préférence, et, en tout cas, ils la consomment sans en ressentir aucun inconvénient.

Nous n'avons pas à faire ici, bien entendu, l'étude complète des eaux potables ou salubres. C'est une question d'hygiène pure qui n'y serait pas à sa place. Ce qui nous intéresse, c'est uniquement le rôle des boissons dans la nutrition, au point de vue de l'eau en soi et des matières minérales nutritives, chaux, magnésie, oxyde de fer, etc., qu'elles y introduisent en proportions relativement considérables. Nous aurons à en tenir compte lorsque, plus loin, nous nous occuperons en particulier des conditions les plus propres à procurer aux jeunes animaux un développement aussi complet et aussi prompt que possible, ce qui est industriellement le principal problème de la production animale.

Préparation des aliments. Les préparations diverses auxquelles les matières alimentaires brutes peuvent être soumises ont pour but de modifier leurs propriétés physiques ou chimiques, de façon à épargner aux individus qui les consomment une partie du travail nécessaire pour rendre leurs principes immédiats plus facilement attaquables par les sucs digestifs, ou de leur faire acquérir une saveur plus accentuée et plus agréable, excitante pour l'appétit, et d'élever ainsi le coefficient de digestibilité.

Les principales opérations usitées pour atteindre le but dont il s'agit sont la division des aliments grossiers, leur ramollissement par la macération, leur cuisson plus ou moins complète par la vapeur d'eau ou par la coction, et, enfin, les traitements qui comportent des actions chimiques, telles que celles qui résultent de l'intervention directe de la chaleur ou de la fermentation. Nous allons les passer toutes en revue, en indiquant les sortes d'aliments pour lesquelles ces opérations sont le plus souvent employées.

La *division* des aliments s'opère à l'aide du hache-paille, pour les fourrages plus ou moins grossiers, et à l'aide du coupe-racines, pour celles-ci, pour les tubercules et pour les fruits charnus. Elle a plusieurs avantages, qui sont d'abord, en ce qui concerne les premiers, d'assurer leur consommation complète, puis de les rendre plus facilement traitables par les autres moyens qui doivent augmenter leur digestibilité; enfin, de rendre plus facile aussi l'exécution des mélanges auxquels ils peuvent se prêter. Pour les chevaux et pour les moutons, les particules doivent être aussi fines que possible; pour les bêtes bovines, au contraire, il vaut mieux qu'elles conservent un volume assez fort.

Cette division est tout à fait indispensable pour les tubercules et les racines, tels que les pommes de

terre, les topinambours et les betteraves. Ces aliments restant entiers ne peuvent pas être aisément consommés par les animaux, en raison de leur volume plus ou moins fort; et quand ce volume ne s'oppose point à leur consommation, ils présentent le danger grave de s'arrêter dans l'œsophage. En outre, comme ce sont là des aliments généralement incomplets, ils ne peuvent être bien utilisés qu'à l'état de mélange avec d'autres plus riches en matières azotées. Conséquemment le mélange, pour être convenablement effectué, nécessite leur division préalable. Du reste, par leur nature même, ils sont facilement altérables à l'air, une fois coupés. Il y a donc indication de ne les préparer qu'au fur et à mesure des besoins.

Les graines céréales, légumineuses et oléagineuses, s'aplatissent, se concassent ou se moudent, en vue de rendre plus facile leur mastication et plus complète leur insalivation. Les préparations de ce genre ne sont vraiment utiles que pour ce qui concerne l'alimentation des ruminants, dont l'appareil dentaire n'est point tant fait pour la consommation de ces sortes d'aliments que pour celle des fourrages grossiers. Quant aux chevaux, il est au moins douteux qu'elles aient des avantages pour eux, qui sont pourvus de véritables meules. Toutes les expériences bien faites à cet égard, surtout avec l'avoine, tendent à établir que la graine distribuée entière n'est pas moins bien digérée que celle qui a été au préalable divisée. D'ailleurs, il y a lieu d'admettre, d'après ces mêmes expériences, que l'avoine perd par sa préparation une partie de ses propriétés, non pas nutritives, à proprement parler, mais excitantes de l'énergie. Les chevaux nourris avec la graine aplatie ou concassée s'engraissent et deviennent moins vaillants au travail.

Une telle considération n'intervient point à l'égard des animaux purement comestibles qui doivent digérer la plus forte proportion possible des aliments qu'ils consomment. Il suffit donc que la division des graines ait pour effet certain de suppléer la mastication dans une mesure quelconque, pour que son utilité ne laisse aucun doute. Dans une expérience faite par Lehmann avec des jeunes bouvillons, il a été constaté que 42,2 pour 100 de l'orge entière et 11,4 pour 100 de l'avoine restaient non digérés et étaient expulsés avec les excréments. Chez le cochon, Grouven a trouvé de même dans les déjections les proportions suivantes de grains non digérés:

	Avec une nourriture aqueuse.	Avec une nourriture sèche.
Orge.	14,7 %	7,3 %
Seigle..	10,5 »	9,3 »
Avoine.	9,4 »	6,3 »
Pois	0,9 »	0,5 »
Féverolle.	0,3 »	0,2 »

En faisant connaître ces résultats, Grouven remarque que les semences de pois et de fève sont si complétement digérées par le cochon qu'il devient superflu de leur faire subir une division quelconque avant de les introduire dans la nourriture des animaux de son espèce.

La mouture n'est usitée que pour des cas particuliers, par exemple pour administrer les semences qui doivent être ajoutées à l'eau des boissons. A l'état sec, les farines se consomment mal, à cause de la difficulté de leur déglutition, à l'exception toutefois de celles des graines oléagineuses, qui, cependant, soit qu'elles proviennent des tourteaux ou des graines non pressées, sont toujours mieux utilisées en mélange avec des aliments grossiers ou délayées dans l'eau.

La macération convient pour les graines légumineuses, dont la cuticule est épaisse, et pour les grains durs en général. Il ne faut pas y employer plus d'eau que le nécessaire pour les submerger, et elle ne doit point durer au delà de douze heures, à moins qu'on ne

fasse aussi consommer par les animaux l'eau de macération. Dans celle-ci se dissolvent, quand elle est en grande quantité ou quand le contact se prolonge, des éléments nutritifs albuminoïdes et des sels dont la disparition appauvrit les grains alimentaires.

La macération se fait à froid ou à chaud. Dans le dernier cas, elle exige beaucoup moins de temps. Elle consiste alors à jeter un liquide bouillant sur les substances alimentaires qu'il y a lieu de ramollir parce qu'elles sont sèches et grossières, comme les pailles de céréales ou de plantes oléagineuses à gousses, telles que la navette ou le colza. On y emploie de l'eau pure, mais fréquemment aussi des résidus liquides de distillation, qui sont ainsi très-bien utilisés à une double fin. Plus est élevée la température du liquide, plus l'effet attendu se produit en se rapprochant de celui de la coction.

C'est par le même procédé que se prépare le liquide nutritif connu depuis longtemps sous le nom de *thé de foin* et qui est employé comme supplément de nourriture pour les veaux notamment. On admet que ce liquide contient, avec les principes aromatiques du foin, 16 p. 100 de ses principes nutritifs.

La coction agit nécessairement dans le même sens, mais avec une plus grande intensité. Elle est surtout d'une utilité incontestable pour les tubercules qui entrent dans l'alimentation des cochons et aussi des ruminants, en certains cas. Non-seulement ces tubercules cuits deviennent plus facilement digestibles, par le fait du changement de constitution que la chaleur impose à leurs principes amylacés, mais la coction leur enlève en outre le goût désagréable qui leur est propre à l'état de crudité. Il n'est pas nécessaire d'insister sur ce dernier point de vue, dont nous avons la preuve pour ce qui concerne les pommes de terre que nous mangeons nous-mêmes. Quant à la valeur nutritive, l'expérience s'est prononcée d'une manière nette.

En Angleterre, Dudgeon a nourri durant 9 semaines 11 jeunes cochons avec des pommes de terre et de la paille de fève. 6 recevaient leur nourriture cuite: ils ont gagné en 100 jours 89 livres de poids par tête; les 5 autres, avec la même nourriture crue, n'en ont gagné que 49. Les résultats constatés à Cast-Lothian, par Walker, n'ont pas été moins concluants en faveur de la cuisson. Il a nourri durant 75 jours des porcs sevrés avec des pommes de terre et de l'orge broyée, dont voici les effets comparatifs:

	Nombre d'animaux.	Poids initial.	Poids final.	Augmentation de poids En 90 jours.	Augmentation de poids Par tête par jour.
Nourriture cuite. . .	5	106 liv.	279 liv.	173 liv.	0,384 liv.
Nourriture crue.. . .	5	108	223	115	0,256

La conséquence favorable à la cuisson des aliments dont il s'agit ressort nettement de la comparaison des nombres.

La cuisson n'a pas seulement pour effet d'augmenter la digestibilité des éléments féculents. La modification de goût qu'elle leur imprime et que nous apprécions si bien pour les pommes de terre ainsi que pour les châtaignes, par exemple, entraîne un changement dans la qualité du lait des vaches, qui a été de même démontré expérimentalement à Malkwitz, par Weber, sur 2 vaches d'Allgau nourries comparativement. Nous empruntons à Émile Wolff les nombres de l'expérience.

Ces deux vaches pesaient ensemble 1,600 livres allemandes de 467 grammes. Elles recevaient par jour 8 livres de foin, 30 livres de paille d'avoine, 4 livres de tourteau de navette, 4 livres de paille de lentille, et en outre un supplément de l'un des aliments indiqués dans le tableau synoptique suivant, qui montrera les résul-

tats comparatifs des divers modes d'alimentation auxquels elles ont été soumises :

Semaines d'expériences.	Nourriture.	Lait de la semaine.	Produit en beurre.	Quantité de lait nécessaire pour 1 livre de beurre.
		livres.	livres.	livres.
1	80 livres de betteraves. . .	241	8	30
2	80 l. de pommes de terre crues.	274	6,5	42
3	120 livres de betteraves. . .	280	9,5	30
4	80 l. de pommes de terre cuites. . . .	241	9,0	27

Il est clair, d'après ce tableau, que si les pommes de terre crues ont fait augmenter de 33 livres la quantité du lait produit dans la semaine, cette quantité plus forte n'a produit que 6,5 de beurre au lieu de 8. Les mêmes pommes de terre cuites, au contraire, qui n'ont donné que la quantité de lait obtenue avec le même poids de betteraves, ont augmenté de 1 livre la quantité du beurre extrait de ce lait. Il y a là des faits très-importants, sur lesquels nous reviendrons quand nous nous occuperons spécialement de la production du lait. Il suffit pour l'instant de bien marquer les influences exercées par la cuisson des aliments, considérée en général.

L'emploi de la vapeur, pour cuire les aliments, est préférable à celui de la coction dans l'eau, parce qu'il conduit au but sans addition à la ration d'une aussi grande quantité de liquide. Son action est aussi plus intense, quant à la désagrégation des matières fortement ligneuses, en raison de la température plus élevée à laquelle ces matières sont ainsi portées. A ce sujet, Gohren a fait une remarque sur laquelle l'attention ne saurait trop s'arrêter. Elle est relative aux effets de la nourriture chaude, indépendamment de ce qui concerne la digestibilité même des aliments. Toute épargne de force, dit-il, étant nécessairement une économie de matière, et étant donné que la digestion consomme nécessairement une grande quantité de chaleur, la consommation est d'autant plus forte que la différence de température est plus grande entre l'estomac et les aliments introduits dans son intérieur, ceux-ci devant se mettre en équilibre de température avec le corps. Conséquemment lorsque les aliments arrivent dans l'estomac avec une température au moins égale à la sienne, toute la quantité de chaleur qui, avec des aliments froids, eût été nécessaire pour établir l'équilibre, se trouve épargnée et profite au corps animal, en outre de ce que la digestion est par là facilitée. Une telle considération a surtout de l'importance pour les opérations d'engraissement, et nous ne manquerons pas d'y revenir à leur propos.

La germination des graines céréales et légumineuses, des glands, des châtaignes, dont les conséquences chimiques ne doivent pas nous arrêter ici, puisqu'elles ont un intérêt industriel qui leur assure ailleurs une place plus étendue, est une préparation très-intéressante au point de vue alimentaire. Elle transforme une partie des matières protéiques en diastase et fait passer à l'état de dextrine et de sucre les matières amylacées. Les principes immédiats nutritifs deviennent ainsi plus facilement diffusibles et par conséquent digestibles en totalité.

Les phénomènes qui se passent dans la préparation de ce qu'on appelle en Allemagne le foin brun sont du même ordre. Les fermentations dont la masse d'herbes vertes est en ce cas l'objet s'accompagnent en outre d'une

NUTRITION DES ANIMAUX.

élévation de température qui, en présence de l'air, dessèche cette masse et arrête ainsi les mouvements avant qu'ils aient eu pour conséquence la fermentation alcoolique complète, ou l'acétification, ou la putréfaction. Là est l'écueil des diverses sortes de préparations de ce genre dont les herbes de prairie sont l'objet et qui ont pour effet immédiat de donner au foin une saveur plus accentuée. Divers procédés ont été recommandés pour les effectuer. On les trouvera exposés dans les ouvrages spéciaux.

Les mélanges alimentaires dans lesquels entrent, avec des racines aqueuses, des tubercules ou des résidus, des fourrages bruts fortement ligneux, sont aussi soumis à la fermentation, qui agit sur eux jusqu'à un certain point comme la cuisson. Il suffit, pour la réaliser, de préparer les mélanges 24 heures avant de les distribuer aux animaux, avec des précautions dans le détail desquelles nous ne pouvons pas entrer ici et qui sont d'ailleurs une question de métier. Ce genre de préparation ne convient guère que pour les animaux à l'engrais et pour les producteurs de lait. Dans certains cas, il va jusqu'à l'acidification, comme pour les feuilles de betteraves, les fanes de pommes de terre, les tiges de maïs, à l'égard desquelles il est considéré comme un procédé de conservation pour l'hiver. Nous aurons à nous en occuper plus loin, quand il s'agira d'apprécier les effets des rations alimentaires, eu égard aux différents buts de la production. Il ne nous reste plus qu'à dire quelques mots des avantages que présente l'addition du sel de cuisine aux aliments, à un autre point de vue que celui des propriétés condimentaires de ce sel, dont nous avons déjà parlé.

Tous les auteurs recommandent de saler assez fortement les fourrages qui, par le fait des intempéries, n'ont pas pu être séchés convenablement et sont par là menacés de subir en tas la fermentation putride. Le sel a pour effet en ce cas de la prévenir ou de l'arrêter quand elle a déjà commencé. Les foins grossiers de prairie humide ou marécageuse, les regains tardifs surtout, sont toujours améliorés par la préparation dont il s'agit, qui se réalise en répandant le sel sur des couches minces de fourrage superposées. La couche supérieure, ou la dernière du tas, doit être plus fortement salée que les autres. On se procure ainsi le double avantage de conserver la matière alimentaire altérable et d'améliorer ses propriétés nutritives.

Nous laissons de côté un certain nombre d'autres préparations qui ont été recommandées, surtout en Allemagne, où les esprits sont constamment à la recherche des moyens de perfectionner l'alimentation des animaux, mais au sujet desquelles l'expérience ne s'est pas encore prononcée suffisamment. Il convient de n'exposer ici que la science acquise et de n'y point tenir compte de ce qui reste encore discutable.

Composition des rations. — Une ration alimentaire s'entend de la quantité d'aliments qui est nécessaire pour fournir à l'animal qui la reçoit de quoi entretenir son sang dans l'état normal que nous avons exposé en commençant. Pour être complète, elle doit contenir à la fois tous les principes immédiats nutritifs que nous avons décrits ensuite et dont nous avons étudié, pour chacun en particulier, le mode de digestion. Ils doivent en outre y être présents dans des proportions conformes au principe de la relation nutritive, afin qu'ils soient utilisés au plus haut degré possible.

Peu de matières alimentaires, considérées isolément, remplissent à la fois toutes ces conditions. Le lait pendant les premiers mois de la vie du jeune sujet, les herbes vertes des prairies après son sevrage et durant sa période de croissance, et le foin de ces prairies, c'est-à-dire les herbes coupées et séchées en pleine floraison, pour l'herbivore adulte, peuvent seuls être considérés comme des aliments complets. Nous avons vu que leurs

diverses relations nutritives, aussi bien d'après l'expérimentation que d'après l'observation, se montrent tout à fait normales.

Afin d'utiliser les nombreuses substances alimentaires que l'agriculture met à notre disposition, en outre de celles dont il vient d'être question, et cela dans les meilleures conditions, il y a donc lieu de les mélanger entre elles, de former des rations composées d'après certaines combinaisons que la science nous a enseignées et sur lesquelles nous allons entrer dans quelques détails.

D'abord il faut déterminer une base de calcul pour évaluer aussi exactement que possible le poids de la ration nécessaire, quelle que soit sa composition et en supposant celle-ci conforme d'ailleurs aux principes précédemment posés. Ceci se rapporte à une question bien souvent et longuement débattue, mais toujours résolue dans le même sens par l'expérimentation rigoureuse; question importante surtout au point de vue économique.

Dans les conditions industrielles, l'instinct des animaux n'est pas un guide suffisant, en ce qui concerne l'alimentation. Les aliments laissés à leur discrétion sont en réalité gaspillés par eux. S'ils sont appétissants, comme ils doivent l'être toujours dans une exploitation bien conduite, les animaux en prennent au delà de ce qu'ils peuvent utiliser. Tous les bons observateurs sont unanimes pour condamner ce qu'on appelle la nourriture *ad libitum* ou à volonté. Les animaux doivent être rationnés, autrement dit leur ration doit être réglée, en poids et en volume, selon des considérations qui constituent l'une des principales bases scientifiques de l'alimentation et qui vont être exposées.

La disposition de l'appareil digestif, qui est différente selon les genres naturels, influe sur le volume d'aliments qui peut y être introduit chaque jour. La fonction de cet appareil ne s'exécute bien qu'à la condition d'un certain lest, dont la présence a par conséquent une importance considérable et trop souvent méconnue dans l'alimentation de l'homme surtout. Il faut qu'à chaque repas l'estomac soit, non pas distendu, mais rempli, afin que l'excitation digestive qui provoque la sécrétion du suc gastrique parte de toutes ses surfaces et que ses contractions demeurent purement réflexes, par conséquent inconscientes. Dès qu'elles se font sentir, elles deviennent plus ou moins douloureuses. Il est clair dès lors que la ration alimentaire d'un grand ruminant, par exemple, devra être plus volumineuse que celle d'un cheval, dont l'estomac unique a une capacité bien moins grande que celle de la panse du ruminant. Pourtant, à poids vif égal, les besoins nutritifs des deux sortes d'animaux ne diffèrent point sensiblement. Les relations nutritives nécessaires ne diffèrent pas non plus. C'est donc seulement par des différences dans la constitution physique des substances alimentaires qu'il est possible de satisfaire aux exigences des divers cas.

La quantité de matière alimentaire, supposée constituée chimiquement d'après le principe de la relation nutritive, a été démontrée par l'expérience comme devant représenter, à l'état complétement sec ou dépourvu d'eau, une fraction déterminée du poids vif de l'animal. Cette fraction n'est point constante. Elle varie selon des considérations que nous allons voir, et cela dans des limites fort étendues, si on l'envisage par rapport même seulement à l'une des grandes divisions du règne animal. Allibert a établi, par exemple, que la souris consomme par jour environ 60 % de son poids en froment. Il est évident qu'un animal de 1,000 kilogrammes se maintient nécessairement bien en deçà d'une telle proportion. La constatation du fait général ainsi exprimé par ses limites extrêmes suffirait pour amener à pressentir l'existence d'une loi en vertu de laquelle les besoins nutritifs doivent croître en raison inverse du

poids, parce que les dépenses ou les déperditions croissent de même. C'est ce que Baudement a constaté, en effet, dans les recherches sur l'alimentation du bétail qu'il avait commencées à l'Institut agronomique de Versailles. Il a exécuté plus de 10,000 pesages sur des chevaux de la garnison, recevant tous la même ration réglementaire, et il a pu constater que les plus volumineux et les plus lourds étaient ceux qui, avec cette ration, conservaient ou augmentaient leur poids, tandis que les autres en perdaient au contraire. Depuis, de nombreuses expériences exécutées d'une autre façon et plus rigoureuse, dans les stations de l'Allemagne, sur des animaux des divers genres, ont confirmé cette donnée avec plus de précision.

Il est admis, pour les animaux qui nous intéressent, qu'ils peuvent utiliser, en matière sèche alimentaire, de 2,5 à 3 % de leur poids vif, mais pas au-delà. Au delà de ces nombres-limites, ils ne sont point mis dans les conditions de leur plein fonctionnement, comme machines productrices, quelque soit d'ailleurs le genre de production qu'on en exige. C'est entre ces limites que doit osciller le règlement de la ration, et la proportion exacte ne peut être déterminée que par le tact du praticien observateur, non-seulement d'après la loi plus haut indiquée, mais encore d'après l'aptitude individuelle du sujet à nourrir, qui varie considérablement. Il ne s'agit donc ici que d'une base générale propre à guider l'observation, en lui traçant ses bornes, non à la suppléer complétement.

En conséquence, un animal du poids vif de 500 kilogrammes par exemple, ce qui est un poids moyen, sera nourri au mieux avec une ration pesant 12 kilogrammes de matière alimentaire sèche. Il est clair que ces 12 kilogrammes de matière sèche pourront être empruntés à des substances brutes d'une teneur en eau très-variable et par là de volumes très-différents. Entre les foins et les graines qui contiennent en moyenne environ 15 % d'eau et les fourrages verts, les racines, les tubercules et leurs résidus, qui en contiennent jusqu'à 90 %, il y a suffisamment de marge pour que la composition des rations ne soit point gênée par l'exigence que nous venons de faire ressortir.

Après cette exigence vient celle, non moins impérieuse à notre avis, qui concerne l'entretien de la machine animale. Les expérimentateurs allemands, qui ont le plus travaillé depuis quelques années sur ces questions, ne paraissent pas s'y être suffisamment arrêtés. Il résulte de toutes leurs publications à ce sujet que la ration alimentaire peut être considérée comme bien constituée, pourvu que soit respecté le principe de la relation nutritive, et en outre respecté aussi celui de la variété des aliments, dont nous parlerons plus loin.

Eh bien! l'expérience nous a démontré, et au besoin le raisonnement seul eût été suffisant pour le faire admettre, que cet entretien de la machine ne peut être assuré qu'à une seule condition: c'est que la ration ait pour base fondamentale l'aliment normal ou naturel de l'espèce animale considérée. Pour nos herbivores domestiques cet aliment est le foin de pré. Lui seul, par sa constitution et par ses propriétés résultant de la variété des plantes qui le composent, peut fournir les matériaux qu'exige le travail intérieur de la vie animale, lui seul peut suffire à tous les besoins de la réparation intime, parce que seul il est, pour ces herbivores, un aliment véritablement complet. Ceci admis, et on ne peut pas le contester justement, il reste à déterminer dans quelle mesure s'étendent ces besoins de réparation, en d'autres termes, quelle est la proportion nécessaire du foin de pré dans la ration.

C'est, comme toujours, à l'expérience qu'il faut demander une telle détermination. Elle s'est prononcée à cet égard en établissant que l'*aliment d'entretien* doit représenter, en matière sèche, environ 1 % du poids vif

de l'animal à nourrir. Avec cette proportion de foin de pré supposé complétement sec, l'animal ne produisant aucun travail extérieur ne perdra ni ne gagnera aucune parcelle de son poids; il réparera constamment sa substance, tout en fonctionnant pour la seule production du travail intérieur qui constitue sa vie propre. En dehors de là, son organisme périclite d'une façon plus ou moins ostensible, et en tout cas perd nécessairement de son aptitude à produire du travail extérieur ou des résultats de sécrétion comme ceux que nous lui demandons pour notre utilité.

Telles sont les notions essentielles pour la composition parfaite des rations alimentaires, aux deux points de vue économique et physiologique à la fois. Il n'y a plus ensuite qu'à ajouter, selon le genre d'animal et selon le genre de production à réaliser, les *aliments adjuvants* et les *aliments complémentaires*, ce que les Allemands nomment *Beifutter* et *Kraftfutter* (*aliment de force*), pour arriver au but pratique.

Les additions se font de bien des manières, que nous n'avons pas à indiquer en ce moment. Il convient de réserver cela pour les cas particuliers que nous passerons en revue ultérieurement. Ce qui est général seulement, c'est que la ration alimentaire, pour être bien constituée conformément au but de toute production, doit se composer au moins de deux aliments: celui d'entretien qui est toujours le même, et l'aliment complémentaire ou aliment de force, devant fournir à la machine productrice les matières premières de sa fabrication. Les aliments adjuvants améliorent la ration au point de vue économique seulement, étant empruntés à des substances d'une valeur commerciale généralement moindre que celle de l'aliment d'entretien.

Les *aliments de force* sont encore appelés *aliments concentrés*. Leur type est fourni par l'avoine, autour de laquelle se groupent toutes les autres graines céréales, les graines légumineuses et oléagineuses. Les adjuvants sont représentés par les pailles, les foins de légumineuses, les racines, les tubercules, etc., en un mot par tous les fourrages relativement grossiers ou volumineux, auxquels il est bon de faire subir les préparations dont nous avons parlé précédemment.

La difficulté pratique est de composer, conformément aux bases qui viennent d'être posées, une ration qui satisfasse en même temps aux exigences de la relation nutritive, c'est-à-dire restant dans les limites de la formule de cette relation. R. Weidenhammer a fait connaître récemment un procédé à l'aide duquel le problème se trouve considérablement simplifié. S'il fallait en effet calculer à la fois tous les éléments de cette formule, on risquerait fort de se perdre dans leur complication.

Weidenhammer a remarqué que dans le calcul les extractifs non azotés pouvaient être sans inconvénient négligés, pour ne tenir compte que des matières protéiques et grasses, dont la proportion nécessaire, par rapport au poids vif de l'animal à nourrir, a été aussi déterminée. Le procédé qu'il recommande sera plus facilement compris à l'aide de l'exemple qu'il en donne, que par une dissertation purement théorique. Nous allons donc reproduire cet exemple, tiré des faits réels, puisqu'il s'agit de la ration des vaches de l'École d'agriculture de Helmsted, dirigée par l'auteur.

Dans le cas des vaches laitières, la formule de la relation nutritive la plus favorable $= \frac{MA1}{MNA5}$. Nous savons qu'il leur faut, pour être suffisamment nourries, en matière sèche alimentaire de 2,5 à 3 % de leur poids vif. Ajoutons maintenant que la ration bien constituée doit contenir de 0,25 à 0,28 de protéine % de ce poids vif, et de 0,08 à 0,09 de matières grasses. Les vaches pèsent en moyenne 500 kilogrammes et elles sont au nombre de 20. $500 \times 20 = 10{,}000$ ou 100×100.

Conséquemment, la ration doit contenir :

En matière sèche. . .	$100 \times 2,8 =$	280 kil.
— protéine	$100 \times 0,27 =$	27 —
— matières grasses .	$100 \times 0,08 =$	8 —

Ces quantités sont empruntées aux aliments reconnus comme étant les plus convenables pour le but industriel dont il s'agit et qui est la production du lait, de la manière suivante, à l'aide des tables de composition :

		Matière sèche.	Protéine.	Matières grasses.
500 kil.	résidu de pommes de terre.	25 k.	5 k.	0,750
250	— betteraves.	30	2,500	0,250
100	— foin de pré.	85	8,500	2,500
50	— balles de froment.	45	2,000	0,750
25	— tourteau de colza.	20	7,000	2,250
		205	25,000	6,500

Il y a, d'après ces nombres, un déficit de matière sèche (205 : 280) qui est comblé par de la paille donnée à volonté après le repas du soir. En supposant qu'il en soit consommé 100 kilogrammes, contenant, d'après les tables, 85 kilogrammes de matière sèche, de 2 kilogrammes à 2,500 de protéine et 1,500 de matières grasses, la ration se trouve ainsi portée à 290 kilogrammes de matière sèche, à 27 kilogrammes de protéine et à 8 kilogrammes de matières grasses, soit aux nombres posés plus haut, sauf un excédant négligeable de matière sèche. En outre, en consultant les tables, on s'aperçoit que cette ration contient de 130 à 135 kilogrammes d'extractifs non azotés.

Or, $$\frac{M\ A\ 27}{M\ N\ A\ 135+8} = \frac{M\ A\ 1}{M\ N\ A\ 5}.$$

La relation se trouve donc tout à fait convenable, bien que la ration ait été calculée sans y faire entrer la considération des extractifs non azotés. On voit par là que la difficulté pratique se réduit à combiner la ration de manière à ce que les proportions des diverses matières alimentaires qui doivent être ajoutées à l'aliment d'entretien, fournissent à la fois les proportions de principes immédiats nécessaires pour réaliser la relation nutritive et soient dans l'état physique qui doit lui donner le volume exigé pour le genre d'animaux à nourrir.

A cet égard, dans l'exemple qui vient d'être cité, les betteraves peuvent être supprimées et remplacées par une plus forte quantité de résidu de pommes de terre. 1,000 kilogrammes de celui-ci au lieu de 500, avec 150 kilogrammes de foin et 100 kilogrammes de balles de froment, et 5 kilogrammes de graine de lin au lieu des 25 kilogrammes de tourteau de colza, donneraient le même résultat. En y ajoutant seulement 25 kilogrammes de paille, on aurait 285 kilogrammes de matière sèche, 25 kilogrammes de protéine et 8,75 de matières grasses.

En résumé, la composition des rations alimentaires peut être considérée comme ayant maintenant ses règles scientifiques, permettant de nombreuses combinaisons favorables à l'économie dans la production et dans l'exploitation des animaux. Il suffit de se conformer aux lois générales qui viennent d'être posées et discutées, pour assurer une bonne et profitable alimentation. Plus loin nous détaillerons les particularités propres à chacun des genres d'animaux et à chacun des genres de production, particularités qui imposent en outre l'obligation de donner la préférence à certaines substances alimentaires dans la composition des rations, afin d'arriver plus sûrement et plus économiquement au but de la production. Les considérations de cette sorte ont une importance énorme. C'est d'elles surtout que dépend le succès, dans les entreprises zootechniques. Elles ont été trop longtemps négligées ou considérées comme accessoires, au bénéfice des questions de choix des races ou

de méthodes de reproduction qui, en réalité, ne sont que secondaires.

Distribution de la nourriture. — Nous avons vu qu'un rapport nécessaire existe entre le volume de la ration alimentaire et la capacité des organes digestifs. La digestion ne s'effectue bien et n'est aussi complète que possible, qu'à la condition d'observer ce rapport. Il importe donc de déterminer surtout la limite extrême jusqu'à laquelle ce volume peut descendre sans inconvénient bien sensible.

Pour les animaux de taille moyenne, Haubner a établi que le minimum d'aliments ligneux ou grossiers ne pouvait pas descendre, dans les 24 heures, au-dessous de 2k,500 pour les chevaux, de 3 kilogrammes pour les bêtes bovines et de 500 grammes pour les moutons. Le maximum peut être, chez les premiers, de 10 à 12 kilogrammes, chez les deuxièmes de 12 à 15 et chez les derniers de 2 à 2k,500. Les moyennes sont par conséquent de 4 à 5, de 5 à 6 et de 1. Il est bien entendu qu'à cela il faut toujours joindre l'aliment concentré ou aliment de production proprement dit.

Maintenant, comment ces aliments doivent-ils être distribués pour assurer leur meilleure consommation ? Cela dépend de plusieurs considérations, mais en premier lieu de celle qui se rattache au temps normal durant lequel ils doivent séjourner dans l'estomac. On n'avait à cet égard que des données empiriques et peu précises, lorsque Haubner a fait remarquer, par exemple, que chez les ruminants la rumination exige, pour être complète, au moins de une heure et demie à deux heures. Y compris le temps nécessaire pour manger, il ne doit, d'après cela, s'écouler guère moins de 4 heures entre les repas. Chez les herbivores monogastriques nourris à la fois d'aliments grossiers et d'aliments concentrés, ceux-ci séjournent pour le moins aussi longtemps dans l'estomac avant d'être complétement digérés. Le séjour des premiers est moindre, mais ils restent plus longtemps que les autres dans l'intestin. Quand il s'agit de se rassasier au pâturage, les moutons n'exigent pas moins de 2 heures à 2 heures et demie; les bêtes bovines ont rempli leur panse en 1 heure et demie, mais il leur faut plus de temps pour effectuer la digestion gastrique. Il suit de là qu'en général la ration journalière doit être partagée en trois ou quatre portions ou repas, afin que la digestion en soit aussi complète que possible. Ceci est un minimum commandé, ainsi que nous venons de le voir, par les exigences physiologiques mêmes de tous les animaux.

Mais, dans la plupart des cas de la production animale, il s'agit de pousser le plus possible à la consommation des aliments, le bénéfice de cette production étant toujours en raison des transformations nutritives qui se sont effectuées en un temps donné. Il importe donc toujours de stimuler l'appétit, et non pas seulement d'éviter la manifestation de la faim, qui est une souffrance nécessairement accompagnée de perte de substance. On y arrive d'abord par la ponctualité, puis par un certain ordre dans la distribution des aliments. Les repas doivent toujours être donnés à heure fixe, afin de ne pas les laisser désirer aux animaux. Ceux qui attendent leur nourriture s'impatientent, se tourmentent; et nous venons de le répéter, tout mouvement entraîne chez eux une déperdition de poids. C'est une dépense improductive qui doit être bannie de toute entreprise industrielle. Lorsque les repas sont uniformes, la ration étant composée d'un mélange d'aliments préparé d'avance, l'exactitude dans les distributions suffit, et il n'y a que des avantages à outrepasser le nombre minimum de 3 à 4 posé plus haut. Ce nombre peut être facilement doublé, en ce qui concerne les animaux dont le genre de production comporte un séjour constant à l'étable ou à l'écurie, ou à la bergerie, ou à la porcherie, ce qui est le cas des bêtes d'engrais.

NUTRITION DES ANIMAUX.

Si au contraire la ration est constituée par des aliments qui peuvent être distribués isolément, c'est alors que l'ordre de leur distribution prend de l'importance. Dans les deux cas considérés, la variété de la ration exerce son influence parce qu'elle est toujours agréable au palais et par conséquent stimulante pour l'appareil digestif, ainsi que nous l'avons vu en nous occupant des condiments; mais elle a de plus, dans le second, l'avantage de permettre d'établir dans la succession des repas une certaine hiérarchie. Tous les aliments dont se compose une ration ne sont pas également appétissants, soit par leur état physique, soit par leur saveur. En observant attentivement les animaux, il est facile de constater leurs préférences, et de se conduire au sujet de leur alimentation d'après les observations faites. Alors, les substances alimentaires qu'ils préfèrent leur seront avantageusement présentées en dernier lieu et suivant l'ordre inverse de ces préférences, afin que le dernier repas soit mangé avec autant de plaisir que le premier. Il en est de même pour les moments de la distribution des boissons, qui suit nécessairement celle des aliments solides.

Ces choses ont, dans l'alimentation, une importance capitale, qui a fait dire justement à J. Kühn que l'œil du maître et l'exactitude sont les choses essentielles pour la nourriture des animaux. Cela signifie surtout que les principes généraux ou scientifiques, tout en étant indispensables, ne suffisent point, et qu'il y faut joindre l'observation attentive et clairvoyante des individualités, afin d'appliquer toujours ces principes d'une façon tout à fait juste et exacte.

Respiration. — Les éléments solides et liquides de la nutrition, leur manière d'être au dehors et les meilleures façons de les administrer, tout cela nous est à présent connu; il nous reste à parler de ce qui concerne les éléments gazeux dont nous avons constaté la présence dans le sang.

L'observation directe nous apprend que l'air atmosphérique s'introduit continuellement dans l'appareil pulmonaire, par un mécanisme d'aspiration résultant de la dilatation de la cage thoracique due au soulèvement des côtes, et que ces mêmes côtes, en s'abaissant pour reprendre leur position première, provoquent l'expulsion d'une partie plus ou moins considérable du mélange gazeux contenu dans l'intérieur des poumons. Ce sont ces mouvements alternatifs d'introduction et d'expulsion de l'air qui constituent ce qu'on appelle la respiration pulmonaire. Leur continuité est absolument indispensable au maintien de la vie. La digestion est une fonction intermittente; la respiration est continue, sans quoi l'animal meurt bientôt asphyxié, en vertu d'un phénomène dont nous nous rendrons facilement compte bientôt.

La respiration s'effectue suivant un rhythme régulier qui n'est pas le même chez tous les genres d'animaux, parce que leur besoin d'oxygène n'est pas le même non plus. Son objet essentiel est en effet d'introduire cet oxygène dans le sang et d'en expulser l'acide carbonique, ainsi que cela va être expliqué. Mais il faut remarquer que l'échange gazeux ne s'opère point seulement par les poumons. Sur toute la surface du corps, qui est en quelque sorte baignée par l'atmosphère, il a également lieu par l'intermédiaire de la peau. Là, comme pour la respiration pulmonaire, le phénomène se réfère aux lois de la diffusion des gaz, absolument comme celui de l'introduction des principes immédiats nutritifs ressortit à celles de la diffusion des liquides. Pour s'en rendre immédiatement compte, il suffit de mettre en regard, ainsi que l'ont fait tous les physiologistes qui ont étudié la respiration, la composition de l'air atmosphérique, celle du mélange gazeux expiré et celle du mélange gazeux contenu dans le sang. Sur la composition exacte de celui-ci, les auteurs ne sont pas d'accord, les pro-

cédés employés par eux pour extraire les gaz du sang présentant des différences assez importantes. Il serait superflu d'entreprendre ici une discussion de ces différences. Nous empruntons purement et simplement à Gohren les nombres dont il s'est servi pour opérer le même rapprochement.

Dans 100 volumes, les gaz se répartissent de la manière suivante, pour les trois cas qu'il y a lieu de comparer:

	Air atmosphérique.	Gaz expirés (Brunner et Valentin).	Gaz du sang. (T. Meyer et Setschenow).
Oxygène	20,81	16,033	28,20
Azote	79,15	79,557	7,10
Acide carbonique.	0,04	4,380	64,70

Il est clair, d'après ces nombres, que, durant son séjour dans l'intérieur du poumon, l'air atmosphérique perd environ un cinquième de son oxygène et que sa proportion d'acide carbonique augmente dans une mesure énorme. Des expériences personnelles nous ont appris que, contrairement à l'opinion assez répandue parmi les physiologistes, la quantité de l'acide carbonique exhalé par le poumon varie beaucoup et n'est pas nécessairement en rapport constant avec le volume du mélange gazeux, expulsé par le mouvement d'expiration. Chez les animaux ruminants, notamment, la variation va parfois du simple au double, absolument ou relativement. Il convient donc de n'accepter les nombres exposés plus haut que comme une expression générale du phénomène.

Ce qu'il importe seulement de retenir de celui-ci, quant à présent, c'est que l'air atmosphérique cède dans la respiration de son oxygène au sang, et que la source de cet oxygène, indispensable pour l'exécution des échanges nutritifs, est par conséquent dans le milieu ambiant où vivent les animaux. De là nécessité de déterminer les conditions à la faveur desquelles ce milieu est le plus propre à la bonne exécution de la fonction respiratoire, qui est la plus urgente des nécessités nutritives.

En outre de l'acide carbonique rendu à l'atmosphère en proportion énormément plus grande, et d'une certaine quantité d'eau, il y a aussi dans l'air expiré une température plus élevée, qui influe sur cette quantité d'eau, le mélange gazeux des poumons étant toujours sensiblement saturé d'humidité à la température qu'il présente. L'animal qui respire cède donc à son milieu ambiant de l'acide carbonique, de l'eau et de la chaleur. Cela constitue en réalité la plus forte partie de ses pertes, car nous avons déjà vu que, pour ce qui concerne l'eau seulement, la déperdition s'élève jusqu'à 30 kilogrammes dans les 24 heures, sur lesquels les urines ne prennent que la plus faible portion.

La quantité d'air introduite dans l'appareil pulmonaire lors de chaque mouvement d'inspiration dépend à la fois de la capacité du thorax et de l'étendue de ce mouvement, c'est-à-dire du nombre d'inspirations qui s'effectuent dans l'unité de temps. Ce nombre varie selon les genres d'animaux, mais aussi dans chaque genre, selon les individus. A l'état normal, les jeunes sujets respirent plus fréquemment que les adultes et ceux-ci plus que les vieux. Pendant la marche, les respirations sont plus nombreuses que pendant le repos, et d'autant plus que l'allure est plus rapide. Les chevaux respirent de 10 à 12 fois par minute; les bêtes bovines de 15 à 20 fois; les bêtes ovines de 13 à 17 fois.

La température de l'air, son degré d'humidité, la pression atmosphérique et l'intensité de la lumière exercent une influence très-nette sur le nombre des respirations. Celui-ci augmente à mesure que l'atmosphère devient plus chaude, que la pression diminue et que la lumière est plus intense. Toujours la respiration est moins active durant la nuit que pendant le jour. La proportion de l'acide carbonique exhalé en un temps donné croît comme le nombre des respirations. Elle n'est donc pas précisément en raison de l'oxygène introduit, car la proportion de celui-ci dépend surtout de la pression atmosphérique.

Dans l'état actuel de la science, on admet comme établies à ce sujet les propositions suivantes:

Moins il y a de respirations dans l'unité de temps, plus s'élève la proportion centésimale d'acide carbonique dans le mélange gazeux expulsé des poumons, mais plus est faible toutefois la quantité absolue de ce même acide carbonique; inversement, cette quantité absolue augmente lorsque la proportion centésimale diminue par une plus grande fréquence des mouvements respiratoires.

Pour le même nombre de respirations dans l'unité de temps, la quantité d'acide carbonique augmente à mesure qu'elles deviennent plus profondes ou plus étendues, bien que la proportion centésimale diminue.

Plus le volume d'air inspiré est petit et plus il séjourne dans le poumon, plus s'élève la proportion centésimale d'acide carbonique.

A mesure que la température de l'air s'abaisse, la quantité de l'acide carbonique s'élève; il en est de même pour l'augmentation de la pression.

Les variations de ce genre sont aussi sous la dépendance de l'alimentation et de la rapidité de la circulation du sang. Nous ne nous arrêterons pas en ce moment à ces circonstances, qui seront étudiées en particulier. Il convient d'insister ici seulement sur ce qui concerne la lumière, à cause de l'importance des phénomènes, eu égard aux opérations d'engraissement.

Il résulte des recherches de Pettenkofer et Voit que la diminution très-notable de l'acide carbonique exhalé durant la nuit ne correspond point, ainsi qu'on était disposé à le croire, à une diminution équivalente de l'oxygène absorbé. La proportion de celui-ci est au contraire augmentée. Henneberg a confirmé, chez les ruminants en particulier, ces résultats qui ont une grande importance pour l'hygiène de la respiration. On la comprendra mieux quand nous aurons examiné de plus près le rôle de l'oxygène dans la nutrition.

Mais dès à présent il est facile de déduire du fait, mis ainsi hors de doute, que la lumière a pour effet une augmentation d'activité dans les déperditions organiques, tandis que l'obscurité la diminue en activant au contraire les gains par une acquisition plus forte d'oxygène.

La quantité absorbée de ce gaz si important pour les fonctions uutritives dépend avant tout de sa proportion dans l'atmosphère respirable. C'est là ce qui doit le plus attirer notre attention, à notre point de vue actuel, pour nous mettre en mesure de bien diriger l'hygiène respiratoire des animaux.

La première question qui se pose est celle de savoir quelle doit être, dans l'atmosphère de l'habitation, la proportion d'oxygène, pour que la respiration puisse s'y effectuer sans trouble sensible de la fonction. De nombreuses recherches expérimentales permettent d'admettre que cette proportion peut descendre jusqu'à 14,8 %, c'est-à-dire diminuer d'un tiers, sans qu'il se produise aucune influence nuisible. A 7 % commence un trouble très-marqué, à 4,5 % la respiration devient très-difficile; et à 3 % la mort survient assez rapidement.

Ce n'est donc évidemment point par une diminution de son oxygène que l'air réputé vicié peut agir sur l'économie animale. S'il n'y avait pas d'obstacle à la diffusion de l'acide carbonique qui doit être expulsé du sang, dans le mélange gazeux dont l'oxygène fait partie et qui se trouve à l'intérieur du poumon après chaque mouvement d'inspiration, le sang trouverait à peu près toujours, dans les conditions ordinaires de la pression atmosphérique, la quantité de ce gaz qui est nécessaire

pour les besoins nutritifs. Mais pour que son acide carbonique soit éliminé, il est absolument indispensable que celui-ci puisse lui-même se diffuser dans le mélange gazeux qui remplit les vésicules pulmonaires.

Les lois connues de la diffusion des gaz nous montrent qu'à la température du corps animal ce mélange gazeux ne peut pas contenir au delà d'une proportion déterminée d'acide carbonique. Dès que cette proportion est atteinte, le gaz s'accumule dans le sang et produit l'asphyxie. Il résulte des recherches de Maercker et Schulze, que l'atmosphère d'une habitation pour les animaux domestiques qui nous intéressent, peut contenir de 2,5 à 3 p. 1000 d'acide carbonique, sans que leur respiration en soit aucunement troublée. Au delà de cette proportion, le trouble commence, le gaz narcotique du sang n'étant plus diffusé ou expulsé en suffisante quantité.

On comprend bien que la teneur normale de l'air en acide carbonique, que nous avons vu être de 0,04 %, ne peut arriver à ces nombres de 2,5 à 3 p. 1000, qu'à la condition d'un lent renouvellement de l'atmosphère respirable. Pour cela il faut à une tête de gros bétail de 50 à 60 mètres cubes d'air nouveau par heure. Si le renouvellement ou la ventilation n'a pas lieu, l'acide carbonique éliminé dans chaque mouvement respiratoire se diffuse dans l'atmosphère confinée et la rend bientôt tout à fait irrespirable, pour le motif que nous avons dit.

Mais il n'y a point de cas, dans la pratique, où les choses en soient à ce point: on ne constate que la ventilation insuffisante, et encore d'une façon bien plus rare que la plupart des hygiénistes ne semblent disposés à le croire. Le plus grand nombre des habitations animales laissent plutôt à désirer sous le rapport de leur propreté, de leur température et de leur lumière, que sous celui de leur ventilation. Celles qui, eu égard au but de la production, devraient être fraîches et bien éclairées, sont trop chaudes et obscures; celles qui devraient être maintenues à une température douce et dans une demi obscurité, sont trop éclairées et refroidies par une ventilation trop active.

En général, il importe surtout d'éviter les pertes de chaleur animale qui se produisent par le rayonnement de la surface du corps ou par la peau et par le poumon. Ces pertes ont toujours pour conséquence la nécessité d'une alimentation plus forte, qui doit les couvrir par la la chaleur qu'elle dégage. C'est la peau qui est le véritable régulateur de la température animale, parce qu'elle cède au milieu ambiant la chaleur dégagée en excès dans l'intérieur du corps. Une partie de cette chaleur est aussi employée, ainsi que nous l'avons fait remarquer précédemment, pour établir l'équilibre entre la température de l'estomac et celle des boissons froides et des aliments introduits dans son intérieur. Lorsque le dégagement dépasse ses limites normales, sous une influence quelconque, la circulation du sang devient plus rapide dans les vaisseaux sous cutanés et la sueur se manifeste. Il en est de même dans les vaisseaux du poumon, qui d'ailleurs sont alors plus fréquemment mis en contact avec l'air froid, par une respiration plus active. La diffusion de la vapeur d'eau dans l'air qui se renouvelle sur les deux surfaces tégumentaires entraîne une perte de chaleur qui rétablit l'équilibre d'abord rompu. Quand au contraire la production de chaleur diminue, les vaisseaux se resserrent, ils charrient moins de sang et le rayonnement devient moins fort.

Il est facile de voir, d'après cela, que la respiration par les poumons et par la peau est une des principales fonctions de l'organisme animal. A vrai dire, elle tient toutes les autres sous sa dépendance. C'est par elle que commence la vie propre de l'individu; c'est l'oxygène atmosphérique qui est en quelque sorte l'étincelle nécessaire non-seulement pour allumer le flambeau de la vie, mais encore pour l'entretenir. Cela nous donne la mesure de l'attention que mérite, dans l'étude de cet organisme, la constitution même des organes chargés de l'accomplir.

Il y a un rapport nécessaire, que nous examinerons de plus près ultérieurement, entre la capacité pulmonaire, par exemple, et l'aptitude des animaux à produire, dans les meilleures conditions, les résultats de leurs fonctions économiques. Ce rapport existe pour la raison très-simple que, toutes les circonstances passées ici en revue étant égales d'ailleurs, la quantité d'oxygène introduit dans le sang, et la quantité d'acide carbonique dégagé de ce même sang dans l'unité de temps, sont en raison de la capacité des poumons. Or, comme l'étendue des poumons est nécessairement en raison de celle de la cavité thoracique (qu'il ne faut point confondre avec ce qu'on appelle, chez les animaux, l'ampleur de la poitrine), le sujet à vaste thorax est celui qui respire le plus et dont la vie est par conséquent la plus développée.

La capacité du thorax ne dépend pas seulement de l'étendue des deux diamètres vertical et transversal de la poitrine, ainsi qu'on le croit communément; elle dépend surtout de l'obliquité du diaphragme, qui forme la base du cône tronqué représenté par la cage thoracique. Le nombre des vertèbres dorsales qui forment la clef de voûte du thorax étant invariable dans chaque genre d'animaux et leur volume individuel à peu près égal chez les sujets de la même taille, il n'y aurait point de variations bien sensibles si elles ne devaient résulter que des différences dans son diamètre transversal, celui-ci dépendant, de son côté, seulement de la longueur du rayon du cercle dont la côte est un arc. La longueur de la côte déployée restant toujours sensiblement la même, le diamètre vertical du thorax gagne ce que perd le diamètre transversal, et inversement, lorsque le rayon augmente ou diminue.

Les différences de capacité tiennent donc presque exclusivement à la longueur du sternum, qui forme pour ainsi dire le plancher du thorax, le point d'attache du diaphragme qui le clot en arrière étant situé, inférieurement, à son extrémité postérieure. Nous reviendrons sur ce fait pour le préciser davantage, lorsque nous nous occuperons en particulier du rapport qui existe entre l'ampleur de la poitrine et l'aptitude à certains modes de nutrition.

Circulation du sang. — Maintenant que nous avons des notions sommaires mais suffisantes sur les sources où sont puisés les matériaux de la constitution du fluide sanguin et sur les conditions principales du meilleur emploi de ces matériaux solides, liquides et gazeux, il faut nous occuper des mouvements à la faveur desquels ils sont charriés vers tous les points de l'économie animale, pour servir à la construction ou à la réparation de ses tissus et à la formation de ses produits, ainsi qu'à la répartition de la chaleur qui s'y dégage et à l'élimination des résidus de fonctionnement vital. Auparavant toutefois, il est nécessaire de prendre une idée du dispositif de l'appareil qui le contient et dans lequel s'exécutent ses mouvements.

L'appareil circulatoire représente un système de tubes ou de vaisseaux formant plusieurs réseaux complets, au centre commun desquels se trouve un organe contractile ou moteur, qui est le *cœur*. Celui-ci nous offre deux couples de cavités superposées, d'où partent et où viennent aboutir les troncs ou gros vaisseaux du système. Les cavités supérieures sont les *oreillettes*, les inférieures les *ventricules*, dont les contractions sont les plus puissantes. Toutes se contractent à la fois. Du ventricule gauche part le tronc artériel, qui se divise bientôt en deux maîtresses branches, dirigées l'une vers les régions antérieures, l'autre vers les régions postérieures du corps. Ces branches se subdivisent à leur tour en

autant de branches secondaires qu'il y a d'organes à pourvoir de sang, pour se terminer enfin, après avoir fourni des rameaux de plus en plus fins, en un réseau de *vaisseaux capillaires* qui entoure tous les éléments anatomiques cellulaires.

Les parois des *vaisseaux artériels* sont formées de tissu jaune élastique qui, en vertu de son élasticité même, réagit sur le courant sanguin et contribue à ses mouvements. Lorsque ces vaisseaux se vident, leurs parois ne s'affaissent point, de telle sorte que leur lumière reste toujours béante. En outre, chacune des branches artérielles a un diamètre égal dans toute son étendue ; c'est-à-dire qu'elle représente un cylindre et non point un cône. Seulement, à mesure qu'on considère ces branches plus loin du tronc partant du cœur, dit *tronc aortique*, leur diamètre va constamment en diminuant. L'*aorte antérieure* et l'*aorte postérieure* sont moins grosses chacune que le tronc aortique, et ainsi de suite pour toutes les artères qui en dérivent. Ajoutons qu'il n'y a aucune aspérité ni valvule dans toute l'étendue des tubes artériels.

Le *ventricule gauche* du cœur est dit encore *ventricule artériel*, à cause de la qualité du sang qu'il contient et qu'il chasse dans le système de vaisseaux que nous venons de voir. Du *ventricule droit*, ou *veineux*, part aussi un tronc constitué anatomiquement comme le tronc aortique, mais qui cependant porte le nom de *veine pulmonaire*, parce qu'il charrie du sang veineux. Arrivé au niveau des bronches du poumon, ce tronc se divise et se subdivise à la façon de ces mêmes bronches, jusqu'à fournir lui aussi un réseau capillaire qui occupe les parois des vésicules pulmonaires. C'est au travers des parois de ces capillaires que s'opèrent, par voie d'échange, la dialyse de l'acide carbonique contenu dans le sang veineux et la diffusion de l'oxygène contenu dans l'air du poumon introduit par les mouvements respiratoires. A la sortie des vésicules pulmonaires, les capillaires sont continués par les plus fines divisions d'un autre système de vaisseaux qui, donnant naissance à des branches de plus en plus volumineuses, aboutit finalement à l'*oreillette gauche* par plusieurs petits troncs qu'on appelle *veines pulmonaires*, quoiqu'elles charrient du sang artériel.

Nous venons de décrire ainsi un système circulatoire complet qui est le système des *vaisseaux* dits *pulmonaires*. Reprenons celui de la grande circulation au point où nous l'avions laissé, c'est-à-dire au réseau capillaire de la périphérie du corps et de l'intérieur de tous les organes de l'économie.

Là, comme dans les poumons, commence ce que nous nommerons, pour nous faire mieux comprendre, les radicelles de l'arbre veineux, qui, pour chacun des organes, aboutissent à un ou plusieurs vaisseaux principaux, accompagnant toujours les divisions artérielles, et débouchant dans deux troncs principaux dont ils sont les affluents. L'un de ces troncs est celui de la *veine cave antérieure*, l'autre celui de la *veine cave postérieure*. Ils se réunissent enfin en un tronc commun qui débouche dans l'*oreillette droite*.

Les parois des veines ne sont point, comme celles des artères, formées de tissu jaune élastique et rigide. Elles sont minces et transparentes, et elles s'affaissent facilement quand elles ne sont plus remplies de sang. En outre, elles sont pourvues intérieurement de replis ou valvules situés de distance en distance.

Les vaisseaux veineux qui partent des parois du tube digestif aboutissent d'abord à un tronc commun qui a reçu le nom de *veine porte*. Ce tronc, après un court trajet, se loge dans la scissure postérieure du foie, puis il se divise de nouveau pour fournir à l'intérieur de ce même foie un réseau capillaire particulier entourant les éléments glandulaires de l'organe, et auquel font suite de nouvelles veines qui, en sortant du foie, vont se terminer à la veine cave postérieure. Cela, comme pour le poumon, forme encore un système particulier qu'on appelle *système porte* ou *système de la veine porte*.

NUTRITION DES ANIMAUX.

Enfin, il y a encore un autre système de vaisseaux centripètes qui, ceux-là, ne charrient point du sang, mais bien le fluide auquel on a donné le nom de lymphe, contenant à peu près tous les éléments du sang moins les globules rouges ou hématies. Il est au contraire beaucoup plus riche en globules blancs ou leucocytes. Partant de l'intérieur des organes, les *vaisseaux lymphatiques* très nombreux et d'un petit diamètre aboutissent d'abord à des *ganglions* qui semblent être autant de chefs-lieux pour les divers départements de leur réseau. Ceux des parties postérieures du corps aboutissent finalement à un *réservoir sous-lombaire* qui se continue par un *canal* dit *thoracique* jusqu'au débouché dans la veine cave antérieure. Une partie de ceux des régions antérieures se terminent par un conduit spécial débouchant également dans la veine cave. Ceux de l'intestin, qui portent le nom de *chylifères*, charrient avec la lymphe des matériaux nutritifs puisés à sa surface interne durant la digestion; ces matériaux sont les plus diffusibles ou ceux dont la digestion est complète.

Les cavités de l'organe central de la circulation sont pourvues, à leurs ouvertures de communication entre elles ou avec la plupart des troncs veineux ou artériels, de *valvules* ou soupapes dont la connaissance est nécessaire pour bien comprendre le mécanisme de l'appareil, que nous allons maintenant expliquer. Nous indiquerons à mesure leurs dispositions et leur fonctionnement.

Nous avons déjà dit que les parois de toutes ces cavités se contractent simultanément. Il serait superflu d'ajouter qu'elles sont à cet effet constituées par des fibres musculaires striées. Leur contraction, connue sous le nom de *battement du cœur* ou de *pulsation cordiale*, est la *systole*, qui diminue leur capacité et exerce en conséquence une pression plus ou moins forte sur le sang qu'elles contiennent. Cette contraction est nécessairement suivie d'un relâchement immédiat. C'est la *diastole*, durant laquelle les cavités du cœur se remplissent de nouveau.

Prenons le cœur au moment où la diastole vient de finir et où va commencer la systole, et considérons ce qui se passe alors dans chacune des quatre cavités adossées deux à deux.

Les valvules des ouvertures de communication entre les oreillettes et les ventricules, dites *valvules auriculo-ventriculaires*, s'ouvrent de haut en bas et se relèvent par conséquent sous la pression du sang contenu dans les ventricules. Celles des orifices pulmonaire et aortique s'ouvrent au contraire de bas en haut pour permettre la sortie du sang.

Conséquemment, lorsque se produit la contraction ou systole du cœur, le sang s'échappe par ces deux derniers orifices pour se répandre, d'une part, dans les vaisseaux fonctionnels du poumon, d'autre part, dans le système artériel général, où son cours est activé par les réactions des parois vasculaires, d'ailleurs pourvues elles aussi de fibres musculaires lisses animées par un système de nerfs découverts par Claude Bernard et nommés par lui vaso-moteurs.

La contraction cardiaque épuisée, la pression cesse et la diastole commence. Alors les valvules auriculo-ventriculaires, d'abord soulevées par la pression, s'abaissent et livrent passage au sang des oreillettes : celui de l'oreillette gauche, venant du poumon où il a cédé de son acide carbonique et pris de l'oxygène, tombe dans le ventricule artériel ; celui de l'oreillette droite, venant de la périphérie du corps et des viscères, chargé des matériaux puisés dans l'intestin, tombe dans le ventricule veineux. Puis survient une nouvelle systole, et ainsi de suite tant que dure la vie, c'est-à-dire tant que le cœur

reçoit l'excitation du système nerveux qui règle ses mouvements comme tous ceux des divers organes de l'économie animale.

Le sang circule donc, ainsi qu'on vient de le voir, sous l'impulsion que lui donne le cœur par la pression qu'il exerce et qui se continue par la réaction des parois artérielles. Cette réaction n'existe plus dans les veines, où le sang chemine cependant le plus souvent en sens inverse de la pesanteur. Mais l'influence de celle-ci est amoindrie par la présence des valvules veineuses, qui interrompent fréquemment la colonne sanguine et diminuent par conséquent les résistances à la pression cardiaque et artérielle. Ces mécanismes ont été bien étudiés dans tous leurs détails surtout par Marey; mais nous ne pouvons pas entrer ici dans ces détails, ce qui précède suffisant pour le but que nous nous proposons d'atteindre.

On comprend ainsi, en effet, comment la masse du sang, en circulation continuelle, se charge à son passage dans l'intestin des produits de la digestion; comment s'opèrent les phénomènes respiratoires lorsqu'elle traverse les vésicules pulmonaires; comment elle dépose dans les tissus les éléments de nutrition ou de sécrétion; comment enfin elle se débarrasse, en traversant les organes excréteurs, des résidus résultant des opérations de la vie.

Nutrition proprement dite. — Les parois des vaisseaux capillaires et celles des lacunes lymphatiques sont formées par de minces membranes qui, se trouvant constamment en contact, par leurs deux surfaces, avec des liquides de densités différentes, font l'office de dialyseurs. C'est ainsi que le sang, circulant dans leur intérieur, laisse échapper dans l'intimité des tissus une partie de son plasma, celle qui est diffusible, et reçoit les résidus également diffusibles des matériaux organiques usés par le fonctionnement des organes et devant être éliminés.

Cette partie diffusible du plasma sanguin est composée d'espèces chimiques dont quelques-unes, les inorganiques, nous sont parfaitement connues, tandis que les autres, les organiques, bien qu'elles aient été, de la part des savants qui cultivent la chimie physiologique, l'objet d'études nombreuses, n'ont pas encore été toutes déterminées d'une façon qui ne laisse point de place au doute. Ce sont ces espèces qui entrent dans la constitution des tissus vivants et qui, par l'accomplissement des phénomènes de la nutrition proprement dite, prennent les formes qui caractérisent les éléments anatomiques figurés, par une série de mutations dont les intermédiaires nous échappent pour la plupart. Exposons toutefois à cet égard l'état de la science, en laissant de côté, pour le moment, ce qui concerne l'eau et les gaz.

Les sels minéraux sont :

Le phosphate de chaux, qui se trouve sans exception dans tous les tissus et dans toutes les humeurs, mais en plus grande quantité dans les os et les dents, à l'etat de phosphate tribasique ($3\,Ca\,0, Ph\,0^2$). Selon les plus grandes probabilités, il est dans les humeurs en une sorte de combinaison avec les albuminates, qui le rend soluble dans l'eau.

Le carbonate de chaux, faisant également partie des os et qui se trouve aussi dans l'urine des herbivores, probablement à cause de son excès dans les plantes qu'ils consomment.

Le carbonate de magnésie et le fluorure de calcium, qui accompagnent dans les os et les dents, pour des quantités très-faibles, les deux sels précédents.

Le chlorure de sodium, dont le rôle dans l'économie animale est de la plus grande importance, attendu qu'il forme toujours la plus forte part des éléments solubles des cendres de toutes les substances animales.

Les carbonates alcalins et les phosphates alcalins, dont les derniers surtout sont peut-être aussi indispensables à la vie que le chlorure de sodium, et dont le rôle nutritif a été déjà indiqué à propos des aliments.

Les sulfates alcalins qui se trouvent en très-faible proportion, il est vrai, dans tous les fluides de l'économie animale, à l'exception du lait, de la bile et du suc gastrique. Ils paraissent être des produits de métamorphose régressive.

Le fer est un élément constituant des hématies. Il se rencontre dans les cendres de tous les tissus. Il est dans bon nombre de cas accompagné par une petite quantité de manganèse. L'état sous lequel ce métal existe dans l'économie n'est pas encore connu d'une manière précise. On lui a longtemps attribué la coloration des globules rouges du sang; mais Boussingault a démontré sa présence en proportion sensiblement égale dans le sang non coloré des mollusques.

Les espèces organiques formant des tissus, ou plutôt entrant dans leur composition chimique, se divisent en deux catégories. Les premières sont des matières assimilables; celles de la seconde catégorie sont des produits de désassimilation.

Dans la première catégorie nous trouvons:

1° Ce que les Allemands appellent des *albuminates* ou des *éléments protéiques*, constitués par du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène, de l'azote et du soufre. Dans le tableau suivant, emprunté à Gohren, les noms de ces espèces chimiques plus ou moins exactement déterminées et leur composition élémentaire sont indiqués:

DÉSIGNATION.	Albumine.	Caséine.	Fibrine.	Globuline.
Carbone. . .	53,5	53.6	52,6	54,5
Hydrogène.	7,0	7,1	7,0	6,9
Azote. . . .	15,5	15,7	17,4	16,5
Oxygène . .	22,4	22,6	21,8	20,9
Soufre. . . .	1,6	1,0	1,2	1,2
Total. .	100,0	100,0	100,0	100,0

DÉSIGNATION.	Syntonine.	Acidalbumine.	Paralbumine.
Carbone.. . .	54,06	54,62	51,80
Hydrogène. .	7,28	7,15	6,93
Azote.	16,05	13,18	12,84
Oxygène. . . .	21,50	26,05	26,77
Soufre.. . . .	1,11	—	1,66
Total. . .	100,00	100,00	100,00

On voit que ces principes immédiats ont pour caractères communs de contenir en moyenne 16 p. 100 d'azote et de 1 à 2 centièmes de soufre, sauf celui appelé acidalbumine, qui en est dépourvu. Ils forment trois groupes, d'après la façon dont ils se comportent dans leurs dissolutions naturelles, qui sont ceux des éléments protéiques albumineux, des fibrineux et des caséeux.

Aux premiers, qui se coagulent à la température de 60 à 70° C., appartiennent l'albumine du sérum du sang, celle du blanc d'œuf, la paralbumine, la métalbumine, l'acidalbumine et la globuline ou élément des globules sanguins, qui ne se coagule point mais se trouble par la chaleur.

Le caractère distinctif des éléments fibrineux est de se coaguler sous la seule influence de l'air lorsque leur solution y est exposée au repos. Ils comprennent la fibrine du sang, la *syntonine* ou fibrine musculaire formant la partie essentielle des fibres dans les muscles striés ou lisses. D'après Kühne, il existerait encore dans les muscles un autre albuminate qu'il nomme *myosine*

et qui déterminerait, quand il se coagule, la rigidité cadavérique.

Les éléments caséeux nombreux qui, lorsqu'on soumet leur solution à l'influence de la chaleur, ne se coagulent point et forment seulement à la surface du liquide une mince pellicule, composent le troisième groupe; ils se coagulent à une basse température par l'addition d'un acide organique faible. Leur principal représentant est la caséine ou le caséum du lait, qui paraît y être maintenue en dissolution par la présence d'un alcali libre.

Au même groupe se rattachent plus ou moins des albuminates mal déterminés que l'on rencontre dans le sang, dans le jaune d'œuf, dans les membranes artérielles, dans le tissu cellulaire et dans les tendons.

2° Aux albuminoïdes, que l'on considère comme des dérivés des albuminates, et dont beaucoup font partie constituante des tissus, tandis que d'autres sont solubles, d'autres cristallisables et enfin d'autres des ferments animaux très-actifs, se rattachent:

La *mucine*, élément constituant du mucus dans lequel elle est maintenue en dissolution par un alcali.

La *kératine*, élément constituant fondamental des tissus cornés.

L'*élastine*, base du tissu élastique.

La *glutine*, élément fondamental des tissus qui, par la coction dans l'eau, donnent de la gélatine ou matière albuminoïde amorphe se prenant en gelée solide par le refroidissement. Ces tissus sont le tissu lamineux ou fibreux blanc, celui des cartilages fondamentaux des os et des cartilages ossifiés et des fibrocartilages.

La *chondrine*, formant les cartilages permanents et ceux qui précèdent l'ossification.

La *ptyaline* et la *pepsine*, ferments de la salive et du suc gastrique.

Enfin la *peptone*, résultant de l'action du suc gastrique sur les albuminates et les autres albuminoïdes. Elle est soluble dans l'eau et insoluble dans l'alcool, et se comporte comme les corps non coagulables par les acides faibles non plus que par la chaleur, ce qui la distingue nettement de l'albumine et de la caséine.

3° Parmi les espèces chimiques assimilables se trouvent encore les graisses, les savons et les acides gras libres.

Les graisses appartiennent à la catégorie des corps gras neutres; ce sont des *glycérides*. Elles ont reçu différents noms, d'après leur état physique. On distingue dans l'économie animale les graisses proprement dites, les suifs, les huiles et les beurres. Leur composition est très-variable et dépend beaucoup de l'origine des aliments ainsi que du genre des animaux considérés. On y trouve, avec la *glycérine*, qui en forme toujours la base, les *acides stéarique*, *oléique* et *palmitique*, ainsi que d'autres éléments en proportions variables qui sont la *myristine*, la *capronine*, la *caprinine*, la *capryline*, et la *butyrine*.

Pour donner une idée de l'importance des corps gras, comme éléments constituants des tissus et des humeurs de l'économie, nous emprunterons à Gorup-Besanez les résultats suivants de ses analyses:

	Matières grasses p. 100.
Sueur	0,001
Corps vitré	0,002
Salive	0,02
Lymphe	0,05
Synovie	0,06
Eaux de l'amnios	0,06
Chyle	0,2
Mucus	0,3
Sang	0,4
Encéphale entier	8,0
Moelle allongée	20,0
Nerfs	22,1
Cartilage	1,3
Os	1,4
Bile	1,4
Cristallin	2,0
Foie	2,4
Muscles	3,3
Poils	4,2
Lait	4,3
Moelle épinière	23,6
Tissu adipeux	82,7
Moelle des os	96,0

On trouve des stéarates alcalins, des palmitates et des oléates alcalins, c'est-à-dire des corps gras saponifiés, dans le sang, dans le chyle, dans la lymphe et dans la bile.

Les acides libres de ces sels gras ou savons se présentent en faible quantité dans l'intestin.

4° Enfin, pour terminer la liste des corps organiques capables de prendre part à l'organisation des tissus, ajoutons les hydrates de carbone déjà décrits sous la désignation d'extractifs non azotés. Ceux-ci, dont nous avons le premier indiqué la présence constante dans tous les tissus, principalement sous forme de *dextrine*, paraissent avoir pour principal rôle de contribuer pour la plus forte part à la formation des matières grasses. On les trouve en proportions très-variables à l'état de dextrine ou d'amidon soluble, de *cellulose* et de *glycose*. Ils sont surtout abondamment accumulés dans le tissu du foie, auquel a été attribuée la faculté de les former, sous le nom commun de *glycogène*, ainsi que les acides et les matières colorantes de la bile. C'est pourquoi le glycogène et ses dérivés supposés, le glycose et le *lactose* ou sucre de lait, sont placés à tort par quelques auteurs parmi les composés engendrés dans l'organisme même par désassimilation.

Au nombre de ces composés se trouvent réellement les acides et les matières colorantes dont il vient d'être parlé, et de plus la *cholestérine*, combinaison ternaire assez répandue qui se présente en grande quantité surtout dans la bile et dans le tissu nerveux du cerveau particulièrement, et l'*inosite*, matière sucrée qui a été extraite principalement du tissu musculaire.

Les produits de métamorphose régressive, dont la connaissance est de la plus grande importance pour la théorie des phénomènes nutritifs, se divisent en deux classes, dont l'une comprend ceux qui contiennent de l'azote, et l'autre ceux qui en sont dépourvus. Parmi ces produits, les uns sont de la nature des amides, les autres sont des acides azotés ou non azotés, et enfin d'autres sont neutres ou indifférents.

Les amides comprennent :

La *leucine* et la *tyrosine*; peu importantes.

La *créatine*, qui ne manque jamais dans le suc des muscles lisses ou striés de toutes les classes d'animaux. On la considère comme le résultat immédiat des échanges nutritifs du tissu musculaire. Il se produit constamment une augmentation absolue de la créatine pendant le travail du muscle. Le cœur, dont l'activité est sans contredit toujours la plus forte, en contient constamment davantage, poids pour poids, comparativement avec les autres muscles de l'économie.

La *créatinine*, qui se trouve dans l'urine, diffère de la créatine par deux équivalents d'eau en moins. Elle paraît être par là même un produit de régression plus avancée.

La *sarkine* existe aussi dans le tissu musculaire. Elle contient plus de carbone que les précédentes, avec lesquelles elle ne semble pas avoir de relations.

Il en est autrement pour l'*urée*, qui est l'élément principal de l'urine des mammifères et représente incontestablement le dernier terme de la régression des albuminates. Par ses caractères chimiques, en effet, elle marque

la limite entre les formes sous lesquelles, dans les conditions normales de l'organisme, se présentent les combinaisons organiques et inorganiques de l'azote. Tandis que tous les autres composés du même genre ne contiennent pas moins de six équivalents de carbone, elle n'en contient plus que deux. Exposée à l'air humide, elle donne spontanément du carbonate d'ammoniaque.

Les acides azotés sont l'*acide hippurique* et l'*acide urique*, tous les deux très-riches en carbone et se trouvant dans l'urine; plus l'*acide inosique* existant dans le suc de viande.

Les acides organiques dépourvus d'azote comprennent l'*acide formique*, trouvé, chez les animaux supérieurs, dans la sueur, dans la boue splénique, dans le pancréas, dans le cerveau, dans le sang, dans l'urine et dans le suc musculaire, accompagnant le plus souvent l'*acide acétique* dont il est probablement un produit d'oxydation.

L'*acide butyrique* les accompagne aussi, mais il se rencontre en outre à peu près constamment dans les fluides de l'estomac et des intestins, surtout dans les dernières portions de ceux-ci avec les excréments.

L'*acide lactique*, de même très-répandu dans le tube intestinal et dans le chyle des animaux à la mamelle, se trouve aussi dans le suc musculaire.

Les autres acides n'ont été rencontrés qu'accidentellement. Nous n'en parlerons donc pas ici. Les composés indifférents n'ont encore été que très-peu étudiés. On sait seulement qu'ils contiennent de l'azote et sont très-riches en carbone.

L'énumération faite des composés dont l'analyse chimique a jusqu'à présent révélé l'existence dans l'économie animale, il nous reste à suivre, autant que possible, la succession des phénomènes en vertu desquels les principes immédiats d'origine végétale s'y transforment ainsi, pour en être finalement éliminés sous les deux états que nous avons vus d'acide carbonique et d'urée. Ce sont là, en effet, leurs produits ultimes. Les métamorphoses intermédiaires constituent dans leur ensemble la nutrition proprement dite. Malgré de nombreuses recherches poursuivies en ces derniers temps dans le domaine de la chimie physiologique, beaucoup de ces métamorphoses nous échappent encore. Nous en sommes réduits sur leur compte à de simples probabilités et même seulement à des possibilités. La démonstration expérimentale manque. Exposons toutefois sur ce sujet plein d'intérêt l'état de la science.

Ce qui n'est point douteux, par exemple, c'est que toutes ces mutations qui s'opèrent dans les matières organiques en circulation ont pour conséquence immédiate un dégagement de chaleur, et que la présence de l'oxygène est indispensable pour qu'elles s'effectuent. On peut donc à coup sûr considérer ce gaz introduit dans l'économie par la respiration pulmonaire et cutanée comme le facteur le plus essentiel des actions vitales, et la chaleur animale comme la source même de la vie, parce qu'elle est en réalité celle du mouvement fonctionnel qui la caractérise. Les végétaux empruntent directement cette chaleur au soleil et ils l'accumulent ou l'emmagasinent dans leurs principes immédiats, n'ayant à exécuter, pour leur propre compte, que des mouvements fort obscurs ou très-peu étendus. Elle se dégage dans l'organisme des animaux, par les échanges nutritifs qui s'y effectuent d'une manière indiscontinue. Dans l'harmonie naturelle, les animaux semblent faits pour dépenser la chaleur que les végétaux thésaurisent.

Voyons d'abord ce qui concerne les échanges auxquels concourent les composés protéiques.

Nous savons que, parmi ces composés, l'albumine est le plus essentiel. On la trouve en très-grande quantité dans le sang et dans tous les sucs animaux qui contribuent à la nutrition des organes. L'examen du plus grand nombre des tissus constituants de ces organes

NUTRITION DES ANIMAUX.

montre qu'il lui suffit de subir de très-faibles modifications pour prendre la forme des éléments anatomiques de ces tissus, pour devenir, par exemple, la syntonine ou fibrine musculaire, qui est la partie solide contractile par laquelle sont produits les mouvements du corps animal. On la retrouve, sous les formes soluble ou insoluble, dans les plus fines molécules complexes de l'organisme, dans le contenu des tubes nerveux par lesquels l'animal se distingue essentiellement de la plante et où se résume la plus haute puissance de la vie animale.

Les différences de composition entre l'albumine, la syntonine, la fibrine et la caséine, sont trop faibles pour que nous puissions avoir sur la constitution intérieure et sur les diverses fonctions chimiques de ces divers albuminates, ainsi que sur celles de la glutine, de la chondrine, etc., des notions précises. Nous savons seulement que, pour subir les modifications en question, l'albumine a besoin d'un concours de circonstances qui ne se trouvent réunies qu'au contact des premiers éléments du tissu dans la constitution duquel elle doit entrer. Tout organisme animal naît d'une cellule primitive, sans laquelle la nutrition ne peut point s'effectuer. Il n'y a là, en vérité, rien de mystique toutefois. C'est un fait qui est l'expression de la loi naturelle et que nous constatons, en suivant ensuite les phases de son développement.

L'une de ces circonstances auxquelles nous venons de faire allusion nous est cependant connue. Nous savons, d'après Lehmann, qu'aucune cellule, aucune fibre, aucune membrane, ne peut se former en l'absence des matières grasses, non plus que sans le concours des phosphates et d'autres composés; qu'où se trouvent des matières albumineuses, les hydrates de carbone ne manquent jamais; qu'où les matières grasses se forment ou se détruisent, les matières albuminoïdes ne font non plus jamais défaut. Cela semble devoir porter à admettre, comme étant le plus probable, que les phénomènes de nutrition trouveront plus tard leur explication complète lorsque seront plus complétement étudiés ceux de substitution que les nouvelles recherches chimiques ont déjà tant avancés.

Il est en effet difficile de croire, pour cause d'invraisemblance, que les composés organiques formant les principaux éléments constituants du corps animal soient directement comburés ou oxydés dans l'organisme, pour donner de l'eau et de l'ammoniaque ou de l'urée. Trop de raisons font penser, bien qu'il s'agisse essentiellement, en somme, d'une oxydation finale, qu'entre les éléments constituants de l'organisme et leurs produits ultimes, de nombreux membres intermédiaires doivent exister.

Bon nombre de combinaisons organiques, parmi celles que nous avons énumérées, peuvent être dès à présent considérées à ce point de vue. Elles se laissent facilement disposer en série, sous le rapport de la simplicité de plus en plus grande de leur composition. De moins en moins riches en carbone, elles deviennent à mesure plus riches en oxygène et en azote, perdant ainsi de leur caractère organique et arrivant finalement à l'acide carbonique, à l'ammoniaque et à l'eau, par des passages ménagés.

Gorup-Besanez a établi cette série d'après le rapport existant entre l'azote et le carbone, de la manière suivante, qui est vraiment très-intéressante :

	Contenant						
Albumine.	1	équivalent	Az	sur	8	équiv.	C
Fibrine..	1	»	Az	»	8	»	C
Caséine..	1	»	Az	»	8	»	C
Chondrine.	1	»	Az	»	8	»	C
Créatine.	1	»	Az	»	7	»	C
Glutine et tissus donnant de la gélatine.	1	»	Az	»	6 1/3	»	C
Acide inosique. . . .	1	»	Az	»	5	»	C

	Contenant					
Glycine.	1	équivalent	Az	sur 4	équiv.	C
Créatinine.	1	»	Az	» 2 2/3	»	C
Acide urique.	1	»	Az	» 2 1/2	»	C
Allantoïne.	1	»	Az	» 2	»	C
Urée.	1	»	Az	» 1	»	C

L'urée clot la série des composés azotés, formés dans l'économie animale. Avec la plus grande facilité elle se décompose en acide carbonique et ammoniaque, dès que s'y ajoutent les éléments de l'eau. En effet, $C^2 H^4 Az^2 O^2$ (urée) + $H^4 O^4$ (4 équiv. d'eau) = 2 C O^3, Az^2 H^4 (2 équiv. carbonate d'ammoniaque), ou C^2 Hs Az^2 O^6, d'après la nouvelle notation.

Beaucoup de faits témoignent en faveur de la vraisemblance de cette série régulière de métamorphoses organiques. Dans le laboratoire, on en réalise artificiellement plusieurs termes. En traitant les albuminates et leurs dérivés par les acides, par les alcalis, et en les faisant putréfier, les principaux produits de décomposition sont la leucine et la tyrosine, ainsi que la glycine. Si l'on songe que ces produits se trouvent surtout dans les glandes, on n'a guère de peine à admettre que les choses se passent dans l'économie d'une façon au moins fort analogue.

Sous l'influence des agents oxydants, l'acide urique se change en urée, allantoïne, acide oxalique et acide carbonique; toutefois, l'allantoïne, de son côté, redevient de l'urée sous l'influence des mêmes agents. La sarkine se place immédiatement avant l'acide urique.

Il n'y a point d'objection contre l'idée d'un phénomène semblable s'accomplissant au sein des tissus. Quand nous voyons, en outre, que la créatine et l'acide inosique sont en forte quantité dans le suc musculaire, tandis qu'ils manquent dans les produits d'échanges de certains organes glandulaires, nous ne pouvons point nous dispenser de les considérer comme les résultats particuliers du fonctionnement du tissu des muscles, surtout en nous rappelant que la créatine peut facilement être transformée en sarkosine et urée.

La formation des matières grasses et leur rôle dans la nutrition devront nous intéresser plus tard d'une manière toute spéciale. Nous ne pouvons cependant pas nous dispenser d'en parler dès à présent en nous plaçant à un point de vue général. Nous avons déjà vu que ces matières prennent une part essentielle à tous les phénomènes nutritifs qui ont pour conséquence l'assimilation des éléments fluides du plasma sanguin aux éléments anatomiques figurés des organes. Leurs métamorphoses paraissent donner la première impulsion à la formation des leucocytes ou globules blancs du sang, à la constitution duquel elles contribuent par conséquent essentiellement.

D'après ce qui a été dit, les matières grasses semblent jouir de la propriété de disposer l'organisme animal à la formation des cellules. Lors de l'engraissement, par exemple, dans lequel la graisse s'accumule entre les lacunes du tissu conjonctif de toutes les parties du corps, et notamment sous la peau, il se produit une quantité extraordinaire de cellules pour contenir cette graisse. Des matières albumineuses sont nécessaires à la constitution de la membrane de ces cellules et doivent se trouver dans l'alimentation. Si elles y manquent ou s'y rencontrent en proportion insuffisante, les fibres musculaires en doivent fournir les éléments. C'est ainsi que se produit ce qu'on appelle en pathologie la régression graisseuse des muscles. Quand il n'y a plus de quoi former l'enveloppe des cellules adipeuses, ni dans l'alimentation ni dans l'économie même, la graisse s'accumule dans le sang et dans les autres fluides animaux, sous forme de gouttelettes.

La graisse disparaît de l'organisme, en nature pour la plus faible partie, transformée pour le reste en d'autres produits de décomposition. On sait avec quelle rapidité

maigrissent les sujets malades ou soumis à l'inanition, sans qu'il soit possible de constater la présence de la graisse dans leurs excrétions. Il est également bien connu que tout ce qui active l'échange des gaz dans le poumon et par conséquent augmente l'introduction de l'oxygène dans le sang, diminue ou arrête l'engraissement. Une locomotion active produit ce résultat, tandis qu'au contraire le repos favorise l'engraissement des sujets qui reçoivent une bonne nourriture. Il en faut nécessairement conclure que les matières grasses sont oxydées par l'oxygène inspiré et que leurs produits d'oxydation sont éliminés.

Toutefois, maintes considérations témoignent contre la combustion directe de ces matières. Ici, comme pour les albuminates, il y a de nombreux intermédiaires entre les corps gras et l'acide carbonique et l'eau qui en sont les produits ultimes. Ce qui semble le mieux devoir le faire admettre, c'est précisément leur rôle favorable aux mutations des éléments protéiques des tissus et des humeurs, à toutes les fonctions de la vie, qui est d'autant plus accusé que leur proportion s'élève davantage dans l'alimentation.

Ces intermédiaires ne nous sont pas encore tous connus d'une manière précise. Cependant, en tenant compte des degrés d'oxydation, on peut, ainsi que nous l'avons déjà fait pour les matières azotées, établir une série dans le groupe des acides gras homologues, en prenant pour base le rapport entre l'oxygène et le carbone qui font partie de leur constitution. Voici cette série:

	Contenant					
Acide stéarique	1	équivalent	0	sur 9	équiv.	C
Acide oléique	1	»	0	» 9	»	C
Acide palmitique . . .	1	»	0	» 8	»	C
Acide capronique . . .	1	»	0	» 3	»	C
Acide valérianique. . .	1	»	0	» 2 1/2	»	C
Acide butyrique. . . .	1	»	0	» 2	»	C
Acide propionique . .	1	»	0	» 1 1/2	»	C
Acide acétique. . . .	1	»	0	» 1	»	C
Glycérine	1	»	0	» 1	»	C
Sucre.	1	»	0	» 1	»	C
Lactose	1	»	0	» 1	»	C
Acide succinique . .	1	»	0	» 1	»	C
Acide formique	1	»	0	» 1/2	»	C
Acide oxalique	1	»	0	» 1/2	»	C

De même que l'urée, dernier terme de la série albuminoïde, se décompose facilement en acide carbonique et ammoniaque, de même aussi l'acide oxalique se décompose en acide carbonique et acide formique. Celui-ci, à son tour, par les agents oxydants, donne de l'acide carbonique et de l'eau. C^4 H^2 O^8 (acide oxalique) = C^2 O^4 (acide carbonique) + C^2 H^2 O^4 (acide formique). C^2 H^2 O^4 (acide formique) + 2 O = C^2 O^4 (acide carbonique) + 2 HO.

La saponification des matières grasses dans le chyle et dans le sang produit encore des modifications intermédiaires dont quelques-uns des résultats sont éliminés par le foie avec la bile. Il n'est pas difficile de comprendre le phénomène, quand on songe que si ces humeurs ne contiennent point d'alcalis libres, elles sont toutefois riches en carbonates et phosphates basiques. Il a été constaté en ces derniers temps que les corps gras traités par l'oxygène actif en présence d'un alcali se saponifient avec la plus grande facilité, et qu'ensuite la glycérine est elle-même complétement décomposée.

Nous nous expliquerons plus tard en détail sur la transformation du sucre, produit de synthèse des autres hydrates de carbone énumérés, en matières grasses. Ses métamorphoses par voie d'oxydation en acides formique, acétique, butyrique, et finalement en acide carbonique et eau, ont été déjà exposées.

Les produits intermédiaires acides ont, dans les phénomènes d'osmose intestinale qui suivent la digestion, un

rôle important. Graham a constaté, par exemple, que l'albumine acide est beaucoup plus diffusible que l'albumine alcaline. Il est clair, d'après cela, que la présence des acides organiques de la série dont il s'agit augmente dans l'intestin la faculté endosmotique du mélange alimentaire et favorise dès lors sa diffusion au travers de la membrane intestinale.

Les sels minéraux jouent, dans les échanges nutritifs, un rôle qui n'est pas moins essentiel que celui des matières organiques, ainsi que nous l'avons déjà plusieurs fois fait remarquer. Quelques-uns d'entre eux, ceux qui concourent particulièrement à la formation du système osseux, devront ultérieurement attirer notre attention d'une façon toute spéciale. Ce serait faire double emploi d'en parler en ce moment. Nous nous bornerons du reste à observer que tous ces sels, tels qu'ils sont introduits dans le sang par la digestion, ne subissent ensuite que des réactions faciles à comprendre, la plupart étant, aussi bien, fixés en nature dans les tissus ou dissous dans les humeurs.

Ils sont de même éliminés sans modification par les organes excréteurs, en même temps que les autres matières solides. Leurs réactions ne diffèrent point, dans l'économie animale, de celles que nous effectuons à volonté dans nos laboratoires. La nutrition, en ce qui les concerne, ne paraît donc point présenter de questions à éclaircir. Ils sont tous diffusibles, tous facilement dialysés, en conséquence, par la membrane des capillaires et par l'enveloppe des cellules au développement complet desquelles ils doivent contribuer. Il suffit, en définitive, de constater en général la nécessité de leur présence dans le sang, pour se faire une idée suffisante de leur rôle nutritif, après ce que nous en avons dit à plusieurs reprises.

En résumé, on voit que la nutrition proprement dite se compose de plusieurs séries de condensations et de réductions organiques, sur la réalisation desquelles l'oxygène exerce une influence prépondérante. Dans son accomplissement, l'organisme assimile et désassimile sans cesse ses matériaux constituants. Ce double mouvement en sens inverse, d'où résulte un échange constant d'éléments, caractérise en réalité la vie animale.

L'eau est le véhicule indispensable de cet échange; mais elle n'a, dans l'économie, pas d'autre rôle. Lorsqu'elle en disparaît sans que d'ailleurs les éléments figurés soient altérés dans leur forme, la vie se suspend mais ne s'éteint point pour toujours. C'est ce qui arrive aux animaux inférieurs dits reviviscents, qui se dessèchent ou sont desséchés lentement et progressivement. Le retour de l'humidité leur fait reprendre le mouvement qu'ils avaient perdu, parce qu'avec l'humidité recommencent les échanges nutritifs qui dégagent de la chaleur, source de la force motrice.

Ces notions générales, que nous avons réduites à l'indispensable, nous serviront de guides dans les applications de la science que nous devons faire aux divers buts particuliers de la production animale, en nous plaçant au point de vue immédiat de la pratique industrielle.

Production du jeune bétail.

Jusqu'à ces derniers temps on a enseigné que la production améliorée du bétail dépendait principalement, sinon exclusivement, de l'hérédité et que par conséquent il y avait lieu de se préoccuper avant tout, dans l'industrie animale, du choix des reproducteurs. A cet égard même, une doctrine régnait presque sans partage, en vertu de laquelle la plupart des races étaient considérées comme dégénérées et ne pouvant être restaurées, dans chaque genre, que par un type unique auquel on attribuait toutes les perfections. Le but du progrès était alors seulement d'introduire des étalons étrangers pour opérer, à des degrés divers, selon l'objet de la production, le croisement des races indigènes. Les procédés d'élevage des produits de ce croisement étaient placés au second rang, quand on ne les négligeait point complétement.

La première réaction contre cette doctrine longtemps exclusive a été bornée à lui substituer celle du choix des reproducteurs, ou de la sélection, dans la race même qu'il s'agissait de perfectionner.

Les études physiologiques et économiques ont opéré dans ces matières un changement radical. Il est acquis à la science, aujourd'hui, que, dans l'ordre des facteurs de l'industrie animale perfectionnée, le choix des races, et dans ces races celui des reproducteurs, ne doivent en réalité venir qu'en seconde ligne, la première place appartenant de droit à la nutrition des individus, dont dépend leur aptitude productrice et par conséquent leur valeur comme machines industrielles.

La doctrine nouvelle se résume en ceci, que si l'hérédité transmet aux jeunes animaux les formes et les aptitudes dont leurs procréateurs sont doués à un degré quelconque, elle est impuissante pour les créer ou pour les développer. L'hérédité fonctionnant dans ses conditions les plus efficaces, qui sont celles de la loi des semblables, réalisées par l'accouplement d'individus de même race et surtout de même famille, maintient ou étend dans la race ces formes et ces aptitudes ; elle ne peut en aucun cas les faire apparaître quand elles n'y existent point. La nutrition, dirigée selon les méthodes enseignées par la science, est seule capable de perfectionner les formes et les aptitudes naturelles, en les développant dans le sens industriel.

Il est clair, d'après cela qui est maintenant arrivé à l'état de démonstration expérimentale complète, que les connaissances dont nous nous occupons ici sont les plus essentielles pour le producteur de jeune bétail, parce que le succès de son industrie en dépend avant tout.

Assurément, celles qui concernent la reproduction des individus ne sont point négligeables. Le point de départ des améliorations nutritives n'est pas indifférent. Sur la voie du perfectionnement des formes et des aptitudes, qui est le but des progrès zootechniques, le chemin déjà parcouru rapproche nécessairement de ce but. Il y a évidemment avantage à ce que chaque génération marque une étape sur cette voie. Ce serait faire injure au lecteur d'insister là-dessus. Nous voulons seulement faire bien sentir que, dans la pratique de la production des jeunes animaux, ce qui concerne le régime de ces animaux et de leurs procréateurs est l'objet principal, le choix de ceux-ci l'objet secondaire.

Ce choix, du reste, est dominé par des lois d'hérédité peu nombreuses. S'il a fallu, pour les dégager, beaucoup de recherches analytiques et un labeur pénible, maintenant qu'elles sont acquises à la science, elles peuvent être énoncées très-simplement de la manière suivante:

1° Les formes et les aptitudes qui existent à la fois chez les deux reproducteurs sont infailliblement héréditaires.

2° Les reproducteurs ne transmettent à leur produit que les formes et les aptitudes qu'ils présentent eux-mêmes ou qui se sont antérieurement manifestées dans leur famille et qui se reproduisent en ce cas par atavisme.

3° Les formes ou les aptitudes qui n'existent objectivement ou en puissance que chez un seul des deux reproducteurs se transmettent, ou non, selon la puissance héréditaire individuelle relative de celui qui les présente. Le produit en ce cas peut ressembler complétement à son père, ou complétement à sa mère, ou tenir des deux à la fois dans des proportions variables.

4° Les reproducteurs métis ne reproduisent point leur propre type individuel, mais celui de l'un ou de l'autre de leurs ascendants purs, au bout d'un petit nombre de générations.

La conclusion pratique à tirer de ces lois est que, dans

NUTRITION DES ANIMAUX.

les opérations de reproduction, la seule méthode sûre, par conséquent industrielle, parce qu'elle réalise le résultat voulu et prévu, est celle qui met en jeu la première la loi dite des semblables. C'est la méthode de la sélection. Les autres, les méthodes de croisement et de métissage, sont toujours chanceuses, aléatoires, surtout la dernière, et laissent dans la production un déchet plus ou moins fort qui en réduit nécessairement les bénéfices.

Ces méthodes, ne s'appuyant que sur des probabilités difficiles à calculer, laissent des incertitudes incompatibles avec une industrie solide, à moins qu'elles ne soient combinées avec la première, en vue d'éliminer une race en la faisant absorber par une autre au moyen du croisement continu, ou de fabriquer des sujets comme ceux que nous verrons plus loin en nous occupant de la production de la viande. Mais, pour celle du jeune bétail devant se reproduire lui-même ultérieurement, seule la méthode de sélection dans son sens absolu est véritablement pratique.

C'est le moment de faire remarquer que les animaux, en ce qui concerne leurs aptitudes physiologiques, sont l'expression nécessaire du milieu climatérique dans lequel leur race est née. Nous ignorons et nous ignorerons peut-être toujours à quoi sont dues leurs formes spécifiques.

L'origine des espèces est un problème qui, dans l'état actuel de la science, ne peut pas être posé par un esprit rigoureux, parce que les faits manquent pour arriver à sa solution expérimentale, la seule qui, dans les sciences naturelles, soit acceptable. Nous savons seulement, par l'analyse de ces faits, que les représentants de chacune de ces espèces, qui en constituent la race et en reproduisent le type par continuité héréditaire, occupent une aire géographique déterminée, dans l'étendue de laquelle se présentent des variétés dues à l'influence des conditions de milieu sur le développement des aptitudes physiologiques propres à la race considérée. Ce sont ces aptitudes qu'il est en notre pouvoir de faire varier en agissant directement sur les conditions de milieu, dans la mesure de ce qui est compatible avec le maintien de la vie normale de la race même, c'est-à-dire dans les limites du climat naturel de celle-ci, contre lequel il n'y a pas moyen de lutter avantageusement.

En vain a-t-on essayé et essayerait-on encore de faire reproduire les animaux en dehors de l'aire géographique naturelle de leur race. Après une lutte plus ou moins prolongée contre le climat nouveau, la race s'éteint infailliblement, et, en attendant son extinction, les individus qui la représentent traînent une existence plus ou moins misérable, qui en fait toujours des machines productrices d'une très-mince valeur.

Une telle considération, fondée sur les faits acquis à la science, indique la prudence avec laquelle doivent être introduites les races nouvelles pour le milieu d'une entreprise zootechnique quelconque, du genre de celles dont nous nous occupons en ce moment. Elle doit faire conclure, en thèse générale, qu'il vaut toujours mieux reproduire les races habituées de longue date à vivre dans ce milieu, en développant les aptitudes des individus par le perfectionnement de leur nutrition.

Le but de ce perfectionnement est, dans tous les cas, de hâter le développement de ces individus, de leur faire atteindre l'état adulte ou d'achèvement de leur squelette en un temps moindre que celui de sa durée normale. En d'autres termes, ce but est de réaliser ce qu'en zootechnie on appelle la *précocité*, résultat économique d'un avantage incontestable. Il s'agit en réalité de produire ou de fabriquer, dans le moins de temps possible, la plus forte quantité de poids vif d'une espèce animale quelconque, avec la somme de matières alimentaires dont on dispose. Le moyen consiste à administrer ces matières alimentaires de façon à ce que la plus forte proportion en soit transformée en tissus vivants, afin que soit plus tôt achevé l'organisme en construction.

Il existe pour le développement de ces tissus, dans les conditions normales, une loi de corrélation, en vertu de laquelle tous les autres sont placés sous la dépendance du système osseux. Le développement du squelette n'est complet et achevé que quand les épiphyses des os longs sont soudées avec leur diaphyse, c'est-à-dire lorsque ont disparu tous les cartilages de conjugaison remplacés par les éléments anatomiques du tissu osseux. Sa marche caractérise à elle seule, chez l'individu, la *période de croissance*.

Cette période, dans les conditions ordinaires de la vie de nos animaux domestiques, a des durées variables pour leurs divers genres, mais constantes chez chacun d'eux, manifestées extérieurement par la durée même de l'évolution de l'appareil dentaire. Le squelette n'est achevé par la soudure des dernières épiphyses et la croissance terminée, qu'à dater du moment où toutes les dents permanentes ont fait leur éruption. Alors l'animal ne peut plus grandir. Seules ses parties molles peuvent acquérir du volume et du poids par l'accumulation des matériaux nutritifs dans leur intérieur.

Chez les équidés domestiques, comprenant les chevaux et les ânes, la période normale de croissance est terminée à l'expiration de la cinquième année après la naissance. Il en est de même pour les bovinés ; mais exceptionnellement toutefois, les conditions générales actuelles de leur nutrition ayant opéré le plus souvent un avancement d'une année. On ne rencontre plus guère de bovinés, en effet, qui ne soient pourvus de toutes leurs dents d'adulte après quatre ans révolus.

Chez les ovinés, comprenant les moutons et les chèvres (il n'y a aucune raison valable, en zoologie, pour laisser subsister le genre *Capra*, arbitrairement établi), cette période s'achève à quatre ans et demi au plus tard, et chez les suidés à trois ans seulement.

Le problème zootechnique immédiat consiste donc à en diminuer le plus possible la durée. L'expérience démontre, depuis le siècle dernier, depuis les travaux de Backewell et des éleveurs anglais ses contemporains et ses successeurs, que cette durée peut être réduite jusqu'aux deux tiers et même jusqu'à la moitié. La science et la pratique sont maintenant en possession de la théorie complète du phénomène, dont toutes les conditions ont été déterminées par nos propres travaux.

Longtemps les éleveurs ont cru que la précocité était l'apanage exclusif de quelques variétés animales, des variétés anglaises sur lesquelles Backewell, les frères Collings et quelques autres ont précisément opéré sa réalisation au siècle dernier. Cette réalisation s'étant effectuée par des procédés empiriques, on n'aurait rencontré aucun auteur qui, avant ces dernières années, considérât comme possible de l'obtenir autrement que par le croisement des races dites tardives avec des étalons empruntés aux variétés anglaises dont il s'agit. Il est aujourd'hui solidement établi que la précocité dépend uniquement de la nutrition et que, pour la réaliser, il suffit de soumettre les jeunes individus à une alimentation spéciale, à laquelle aucun ne résiste.

Sans doute, le résultat est d'autant plus facilement et plus promptement obtenu que le jeune individu a hérité de ses parents une aptitude digestive plus prononcée et une faculté d'assimilation plus étendue. Les reproducteurs précoces, surtout quand ils sont eux-mêmes issus de parents doués, depuis plusieurs générations, de la précocité, engendrent des sujets plus aptes à profiter des conditions d'alimentation spéciale auxquelles ils sont soumis. Mais il y a là, pour la production animale, un écueil sur lequel l'attention doit être appelée avant tout.

L'un des caractères principaux de la constitution des individus précoces, dans les races comestibles du moins,

c'est l'extraordinaire tendance à l'accumulation des cellules adipeuses, à la formation de la graisse dans leurs tissus. Cette tendance, qui est un avantage incontestable pour les produits dont la fonction économique est de s'engraisser en vue de fabriquer de la viande, devient facilement un obstacle pour la fonction de reproducteur. L'aptitude sexuelle est très-facilement influencée, surtout chez la femelle, par l'exagération de la tendance en question. Le stroma des ovaires subit alors la régression graisseuse qui rend impossible, dans son intérieur, le développement des vésicules de Graaff, contenant les ovules. Nous en avons récemment constaté des exemples très-frappants dans le troupeau de southdowns perfectionnés de l'École de Grignon, sur des brebis d'une conformation et d'une aptitude individuelle extraordinairement remarquables. L'une de ces brebis âgées de trois à quatre ans, et qui n'avaient jamais pu être fécondées, a rendu près de 61 % de viande nette, bien qu'elle fût restée soumise au régime alimentaire commun du troupeau. La stérilité, dans ces cas, était complète, pour cause d'absence d'ovules dans les ovaires, absence due à la régression graisseuse du stroma.

C'est la limite extrême de l'influence dont il s'agit. En deçà de cette limite, la fécondité subit des dépressions variables contre lesquelles il y a toujours lieu de se mettre en garde. Et le phénomène ne se manifeste pas seulement dans le sexe femelle, c'est-à-dire dans les ovaires : l'aptitude fonctionnelle des testicules du mâle est également influencée dans le même sens. La quantité proportionnelle des cellules spermatiques, dites spermatozoïdes, dépend aussi certainement de la tendance à l'engraissement ; elle est en raison inverse de cette tendance. Depuis son altération la plus faible jusqu'à la régression graisseuse complète du testicule, elle présente, elle aussi, tous les degrés possibles, comme celle de l'ovaire.

Chez les reproducteurs des deux sexes appartenant aux variétés précoces, la tendance que nous venons d'indiquer doit donc être toujours combattue. Ajoutons qu'il est facile de la combattre, en prenant pour base la théorie même de la précocité. La tendance à l'engraissement n'exagère ses effets que sous l'influence de l'inactivité des fonctions de relation, que sous l'influence du repos. Il suffit de se reporter à ce qui a été dit précédemment sur la théorie des phénomènes de nutrition pour le comprendre. D'où la conclusion qu'il y a lieu de soumettre toujours les reproducteurs précoces à un exercice suffisant de l'appareil locomoteur, pour la maintenir dans des limites convenables. Elle ne les exagère non plus qu'à la faveur d'une alimentation particulière, dont les conditions ont été aussi indiquées. Le régime alimentaire des reproducteurs précoces doit par conséquent s'éloigner autant que possible de ces conditions.

Il y a précisément une alimentation qui, d'après l'observation constante, confirmée d'ailleurs par les notions générales, est reconnue comme favorable à l'exercice des fonctions sexuelles des animaux qui nous intéressent. Cette alimentation, riche à la fois en matières protéiques, en phosphates et en chlorure de sodium, a pour base principale les semences légumineuses surtout, ou l'avoine à cause de son principe excitant. Divers auteurs, et entre autres Boussingault, sont d'avis que l'addition du sel de cuisine à la ration alimentaire a pour effet de favoriser l'activité des organes sexuels. Une telle alimentation, jointe à l'exercice modéré de l'appareil musculaire, doit donc composer le régime surtout des reproducteurs appartenant aux variétés précoces, si l'on veut que leur fonction soit toujours bien accomplie. Ce régime les maintient dans l'état d'embonpoint et de vigueur, ou d'activité vitale propre à la bonne exécution de toutes leurs fonctions.

Le développement ultérieur du jeune sujet dépend pour une part de la manière dont s'est passée sa vie fœtale. Sa nutrition, durant le séjour qu'il fait dans l'utérus maternel, est une conséquence directe de la nutrition de sa mère, devant pourvoir en même temps à ses propres besoins et à ceux du fruit qu'elle porte. De Gohren donne à cet égard d'excellentes indications, résumant l'état de nos connaissances. Nous ne saurions mieux faire que de les lui emprunter.

La femelle en état de gestation, surtout lorsque sa propre croissance n'est pas encore achevée, doit recevoir une nourriture à la fois intensive et régulière, mais surtout composée de telle sorte qu'aucune des substances qui en font partie ne puisse être, par ses propriétés physiques ou chimiques, nuisible au développement du fœtus.

Il faut éviter d'y faire entrer, par exemple, les tubercules et les racines réduits en masses chaudes par la vapeur ou la coction, et administrés seuls ou mélangés avec des résidus de distillerie, de brasserie, d'huilerie ou de meunerie, sans addition d'une quantité convenable d'adjuvants grossiers et secs; les adjuvants grossiers qui ont poussé sur des fonds humides; les résidus de brasserie ou de sucrerie devenus acides par la fermentation ; les aliments acides en général, dans une proportion démesurée, ou les tourteaux altérés ; les pommes de terre crues et les betteraves au delà d'une faible proportion relative dans la ration ; le trèfle plâtré depuis peu; les aliments couverts de cryptogames comme le maïs charbonné et le foin moisi. Il est très-essentiel surtout d'éviter la nourriture trop volumineuse, parce qu'elle exerce sur l'utérus une pression nuisible au fœtus.

D'après Fürstenberg, la panse possédant une capacité cubique de 4 1/4 pieds allemands (de 324^{mm} chacun) est plus facilement remplie avec 20 livres de foin au moins qu'avec le même poids de paille hachée. Cela est fort à considérer pour les vaches pleines, chez lesquelles il importe tant de diminuer la pression que l'estomac exerce sur l'utérus. Cette pression excessive, dans les derniers temps de la gestation, provoque souvent l'avortement. Elle est surtout très-intense quand la vache est couchée, surtout si le sol de l'étable est quelque peu en pente. En outre, la tension démesurée de la panse comprime les organes de la cavité thoracique et met obstacle à la bonne exécution des fonctions de respiration et de circulation, si importantes, ainsi que nous l'avons vu, pour la nutrition.

L'estomac de la jument, relativement petit, n'a guère au-dessus de 12 à 15 décimètres cubes. Cela montre déjà que les chevaux doivent être dans tous les cas alimentés avec une nourriture riche sous un faible volume. A plus forte raison en est-il ainsi pour les mères en état de gestation. Celles de toutes les espèces, d'ailleurs, ayant à pourvoir au développement des tissus de leur fruit, ne peuvent sans inconvénient grave être privées des aliments que nous avons désignés comme concentrés, contenant à la fois de fortes proportions de matières protéiques et de phosphates.

Il n'est nullement démontré que les conditions de la nutrition aient une influence quelconque sur la durée de la gestation, non plus que toutes les autres circonstances qui ont été invoquées sans preuves suffisantes. Seule celle de la race paraît avoir quelque importance. Chez les juments cette durée se maintient entre 287 et 419 jours, soit en moyenne 345 jours. D'après les observations de Wilhelm, elle est en moyenne, chez les vaches des vallées suisses, de 289,9 jours ; chez les vaches hongroises, de 285,8 ; chez les courtes-cornes anglaises, de 282 ; chez les hollandaises, de 277,6. Les brebis portent de 138 à 157 jours. D'après H. von Nathusius, la précocité aurait une influence. Il résulte de ses recherches que la gestation des mérinos a duré 150,3 jours ; celle des southdowns 144,2 seulement ; celle des métisses southdown-mérinos au premier croisement, 146,3 ; des métisses au deuxième croisement, 145,5 ; au

troisième croisement, 144,2. S'il n'y a pas eu erreur ou illusion, cela semblerait bien établir que la précocité diminue la durée de la gestation, car il s'agit là de mérinos allemands, non précoces, tandis que les southdowns sont aujourd'hui les plus précoces de tous les moutons. Or, les nombres intermédiaires, appartenant aux métis des deux races, se trouvent être en relation directe avec les degrés du croisement.

Nous avons maintenant à nous occuper plus spécialement des conditions qui, après la naissance du jeune sujet, sont capables de hâter son développement.

Tant qu'il reste soumis à l'allaitement maternel, pourvu que le lait de sa mère soit de bonne qualité, pourvu qu'il contienne ses matériaux constituants en proportion suffisante pour réaliser la relation nutritive que nous avons dit être la plus favorable pour la nutrition dans la période de la vie dont il s'agit, tout est bien. Il en est ainsi quand la mère nourrice, d'ailleurs en bonne santé, reçoit elle-même la forte ration de production qui, constituée d'après les principes généraux que nous avons posés, contient l'aliment complémentaire riche en matières protéiques et en phosphates qui est nécessaire pour la bonne formation du lait.

Pour se rendre un compte suffisant d'une telle nécessité, il faut avoir sous les yeux la composition normale du lait des diverses femelles domestiques qui nous intéressent. En voici le tableau aussi complet que cela peut être utile pour le but que nous visons:

DÉSIGNATION.	LAIT DE					
	Jument	Anesse	Vache	Chèvre	Brebis	Truie
Eau.	86,50	90,39	87,29	84,182	83,118	83,450
Caséine. . . .	2,30	1,77	3,53	2,898	5,910	9,285
Albumine. .				1,297		
Beurre. . . .	4,68	1,32	3,99	6,573	6,144	3,950
Sucre de lait.	6,02	6,20	4,40	4,130	4,157	2,314
Sels minér. .	0,50	0,32	0,79	0,920	0,671	1,001

La composition des cendres ou éléments minéraux a, pour notre point de vue actuel, une importance trop considérable pour que nous puissions négliger de la donner en détail, qualitativement et quantitativement. Voici les résultats de quatre analyses du lait de vache, empruntés à Weber et à Haidlen.

100 parties en poids des cendres de ce lait ont fourni:

DÉSIGNATION.	A WEBER.		A HAIDLEN.	
	I.	II.	III.	IV.
Chlorure de sodium.. . . .	4,74	16,23	4,89	4,43
Chlorure de potassium. . .	14,18	9,49	29,38	23,86
Potasse.	23,46	23,77	—	—
Soude.	6,96	—	8,57	5,86
Chaux.	17,34	17,31	25,51	24,25
Magnésie.	2,20	1,90	3,87	3,78
Oxyde de fer.	0,47	0,33	—	—
Acide phosphorique. . . .	28,04	29,13	26,32	25,16
Phosphate d'oxyde de fer.	—	—	1,42	1,26
Acide sulfurique..	0,05	1,15	—	—
Acide carbonique.	2,50	—	—	—
Acide silicique.	0,06	0,09	—	—

On voit, d'après ces analyses, que le lait contient bien en réalité, à lui seul, tout ce que nous savons être nécessaire à la nutrition animale, tout ce qu'il faut pour le développement des tissus. On voit en particulier qu'il contient l'acide phosphorique et la chaux dans les proportions tout juste nécessaires pour former le phosphate des os. Nous retrouverons plus loin ces mêmes proportions dans les rations alimentaires reconnues comme étant les plus propres à déterminer, chez les sujets plus avancés en âge, la précocité.

La conclusion pratique qu'il y a lieu d'en tirer, c'est que, pour les animaux d'élevage au moins, le meilleur des aliments est le lait maternel consommé en aussi grande quantité que possible, et aussi longtemps que les organes de la digestion ne sont pas encore disposés naturellement pour la mastication et la digestion des aliments solides.

Il y a, pour la durée de l'allaitement, une limite normale indiquée par l'état de la première dentition, dite pour ce motif sans doute *dentition de lait*. L'allaitement ne peut être supprimé complétement sans inconvénient pour le développement du jeune sujet, qu'à dater du moment où l'évolution de cette dentition est achevée et où elle peut fonctionner d'une façon complète. C'est le moment normal du sevrage. Il arrive, chez les équidés, du huitième au neuvième mois après la naissance; chez les bovinés, entre le cinquième et le sixième mois; chez les ovinés, vers le troisième mois; enfin chez les suidés, dans le courant du deuxième mois.

L'influence fâcheuse du sevrage prématuré a été démontrée directement par des expériences de Wilckens. Deux agneaux, dont un mérinos et un southdown-mérinos, furent nourris durant 30 jours, le premier exclusivement avec du lait, le second, à partir de la deuxième semaine, avec des aliments solides, puis abattus. On a constaté les résulats suivants:

	Agneau allaité. (Mérinos.)	Agneau nourri d'aliments solides. (Southdown-Mérinos.
Poids vif.	17 1/2 livres.	20 1/2 livres.
Poids net.	10,40	10,96
Rendement (proportion du poids net au poids vif).	59 %	53 %
Capacité de la panse . .	326 cc.	1832 cc.
Capacité du réseau . . .	19 »	206 »
Capacité du feuillet et de la caillette	640 »	803 »
Rapport de la caillette à la panse	1 : 0,51	1 : 2,28
Rapport de la caillette au réseau	1 : 0,03	1 : 0,26

Deux agneaux southdown-mérinos, dont l'on fut nourri exclusivement avec du lait pendant 85 jours et l'autre durant 3 mois avec le lait maternel et en outre avec le pâturage, du foin et de la paille, ont été abattus le même jour. Les résultats qui suivent ont été constatés.

	Agneau de lait.	Agneau nourri.
Poids vif au jour de l'abatage..	11,950 gr.	11,950 gr.
Poids net.	6,450	5,290
Rendement	54 %	44 %
Les parties isolées ont pesé:		
Peau.	1,570 gr.	1,485 gr.
Tête	675	680
Organes thoraciques	405	330
Organes abdominaux	2,120	3,515
Capacité de la panse et du réseau.	1,040 cc.	3,110 cc.
Capacité du feuillet et de la caillette	615	590
Rapport du feuillet et de la caillette à la panse et au réseau .	1 : 1,17	1 : 5,3

Les os des membres ont été pesés et analysés; ils ont donné:

	Agneau de lait.	Agneau nourri.
Poids des os du bras et de l'avant-bras séchés à l'air. .	45,7 gr.	47,6 gr.
Substances organiques	47,2 %	44,7 %
Chaux	28,5	29,4
Acide phosphorique	22,7	23,8

Deux autres recherches sur des veaux ont donné des résultats analogues. Un veau mâle, né le 14 juillet 1865, pesait à sa naissance 82 $^1/_2$ livres. Il resta jusqu'au matin du 2 août près de sa mère et put la téter à volonté. Seulement, à partir du 31 juillet, il ne tétait que trois fois par jour et fut exactement pesé chaque fois avant et après. On constata ainsi qu'il prenait 21 livres de lait par jour. Le matin du 2 août, au moment où on le sépara de sa mère, il pesait 110 $^1/_2$ livres. Jusque là il avait augmenté en 19 jours de 28 livres, par conséquent en moyenne de 1,5 par jour. On s'était assuré qu'il n'avait pu prendre aucun aliment solide.

Du 2 au 26 août on lui donna, en trois repas par jour, 575 livres de lait sortant du pis de la mère. En ces 25 jours, son poids augmenta de 47 $^1/_3$ livres, soit de 1,9 livre par jour. Par conséquent, 1 livre de croissance avait nécessité environ 12 livres de lait. Le 26 août, le veau fut abattu. Il pesait alors vif 158 $^1/_2$ livres. Il a rendu 97 $^1/_2$ livres de viande nette. Le rendement était ainsi de 61,5 %. Le veau avait vécu 44 jours exclusivement de lait. Sa panse et son réseau avaient une capacité de 6,430 centimètres cubes ; le feuillet et la caillette, une de 5,075, soit 11,505 pour l'estomac entier. Le rapport entre les deux premiers et les deux derniers compartiments était par conséquent 1 : 0,79.

Une vêle née le 11 juillet 1865 pesait 84 livres. Jusqu'au 28 août elle resta près de sa mère bien nourrie d'herbes vertes et de foin et la téta à volonté. A cette date elle pesait 150 livres. Elle avait en 48 jours augmenté de 66 livres, en moyenne, ou de 1,4 livre par jour. Par un pesage opéré le 31 juillet, on avait constaté qu'elle prenait 17 livres de lait par jour. Du 28 août au 12 septembre elle ne reçut plus de lait, mais des aliments végétaux solides et délayés. A la dernière date elle fut abattue. Elle pesait alors 160 livres. Elle a donné 81 $^1/_2$ livres de viande nette, soit un rendement de 50,9 %. Ses deux premiers estomacs avaient une capacité de 15,000 centimètres cubes ; les deux derniers, une de 7,820, soit en tout 22,820 centimètres cubes ; ou un rapport de 1 : 0,52.

Le poids vif des deux individus dont il vient d'être question était sensiblement égal (la différence n'est que de 1 $^1/_2$ livre). Toutefois le poids net s'est montré dans le rapport de 1 : 0,84 et la différence est en faveur de celui qui s'est nourri exclusivement de lait. L'estomac entier du dernier, ayant consommé des aliments végétaux, est à celui du premier, dans le rapport de 1 : 0,50. La panse et le réseau du dernier sont à ceux du premier dans le rapport de 1 : 0,43 ; le feuillet et la caillette du premier à ceux de l'autre comme 1 : 0,65.

Wilckens en conclut avec raison que le développement de la capacité intérieure de l'estomac complet est en raison inverse de celui du poids utile du corps, c'est-à-dire de la chair, de la graisse et des os, à l'exclusion de la peau, de la tête et des viscères ; que plus est faible la différence de masse entre la panse et le réseau, d'un côté, et le feuillet et la caillette, de l'autre, plus s'élève la proportion du poids net ou le rendement en viande, et inversement.

Ce sont là des faits difficiles à réfuter, pour ne pas dire qu'ils sont irréfutables. Ils confirment pleinement la pratique adoptée de longue date par les éleveurs anglais d'animaux précoces, qui s'attachent particulièrement à faire téter le plus abondamment et le plus longtemps possible leurs élèves, auxquels ils donnent ordinairement à cet effet deux nourrices.

Après ce soin, un autre encore plus important peut-

être est celui qui concerne l'opération du sevrage. Au moment du passage de la nourriture lactée à la nourriture végétale, si la transition n'a pas été bien ménagée, le développement en subit un trouble et un arrêt certains. L'augmentation journalière de poids se ralentit, et il arrive même le plus souvent, dans les conditions communes de la pratique, qu'elle est remplacée durant un certain temps par une diminution. Il importe avant tout que l'estomac s'habitue progressivement à la digestion des aliments solides et que ces aliments soient d'une telle sorte que leur relation nutritive et leur digestibilité propre ne diffèrent que peu de celles du lait.

Les jeunes animaux qui s'élèvent librement dans les pâturages y rencontrent à cet égard les conditions les plus favorables. Indépendamment de ce que, obéissant à leurs instincts, ils paissent l'herbe tendre à mesure que leur appareil dentaire fait son évolution et que les mamelles de leur mère se tarissent progressivement, ces herbes, de leur côté, subissent dans leur propre développement les transitions corrélatives de celles qui s'opèrent dans l'économie animale, ainsi que nous en avons donné un aperçu en nous occupant des aliments en général.

Les jeunes herbes de prairie ne sont pas seulement plus riches, relativement, en matériaux protéiques dont les jeunes animaux ont besoin pour suffire au développement régulier et très-actif de leurs tissus, elles sont aussi plus riches en matières minérales nécessaires pour la constitution du squelette et pour concourir en outre aux phénomènes nutritifs que nous avons décrits.

D'après Émile Wolff, un veau qui consomme par jour environ 24 livres de lait, reçoit par là 21 grammes de potasse, de 18 à 20 grammes de chaux et 24 grammes d'acide phosphorique. Après le sevrage, il doit donc trouver dans ses aliments végétaux des quantités équivalentes de ces mêmes substances, sans quoi son développement subit l'arrêt dont nous venons de parler. Il en est ainsi des jeunes animaux de toutes les espèces.

Les jeunes herbes contiennent 10,22 % de cendres, dans 100 parties desquelles il y a 39,03 de potasse, 13,99 de chaux et 9,48 d'acide phosphorique. Les chiffres correspondants pour 100 de lait sont, d'après les tables de Gohven, 1,204 ; 1,066 et 1,388. Il est clair, d'après cela, que, succédant au lait maternel, les jeunes herbes n'apportent aucun trouble dans le développement, pourvu qu'elles puissent être digérées en quantité suffisante chaque jour.

Il en est autrement lorsque la nourriture est fournie par les herbes mûres et desséchées qu'on appelle foin de pré. Alors l'acide phosphorique et la potasse ont passé en grande partie dans les graines, qui sont tombées. Cela est surtout vrai pour les plantes restées sur pied. C'est pourquoi la croissance de tous les animaux subit toujours, dans les conditions naturelles, un temps d'arrêt durant la saison d'hiver, qui porte sa période aux limites que nous avons vues. L'art de l'éleveur consiste à supprimer ce temps d'arrêt en assurant aux jeunes animaux une alimentation régulièrement composée comme l'est la nourriture naturelle qu'ils prennent au pâturage, et cela sans aucune interruption.

La comparaison entre la durée normale du développement ou de la croissance complète et celle qui se fait observer chez les sujets les plus précoces montre bien que la précocité est due uniquement à la suppression de ces temps d'arrêt causés par l'insuffisante nourriture hivernale. Dans les genres zoologiques dont la période normale de croissance est de cinq ans, elle se trouve ainsi réduite à trois ans ; dans ceux où cette période est de quatre ans et demi et de trois ans, elle descend jusqu'à deux ans et jusqu'à vingt mois environ. C'est donc dans tous les cas une réduction de deux cinquièmes à peu près. Or, si l'on fait la somme des mois d'hiver qui s'écoulent durant la période, on arrive à constater que

NUTRITION DES ANIMAUX.

leur nombre est, eu égard au nombre total, sensiblement dans la même proportion.

La composition des rations de précocité qui doivent continuer, durant la mauvaise saison, la nourriture verte du pâturage indispensable au bon développement des jeunes animaux de toutes les espèces, représente en réalité celle des plantes fourragères complètes, tige, feuilles et graines. Elle se constitue par l'addition de l'aliment concentré ou complémentaire. Celui-ci, emprunté précisément aux semences céréales, légumineuses ou oléagineuses cultivées à cet effet, complète l'aliment d'entretien et ses adjuvants. Il permet de réaliser, en même temps que les relations nutritives en rapport avec les phases de développement et par conséquent en progression croissante du second terme (1 : 3 : 3,5 : 4 : 4,5 : 5), la présence en quantité suffisante des éléments minéraux nécessaires pour l'achèvement des os surtout, qui, en leur absence, subissent particulièrement les temps d'arrêt plus haut indiqués.

Émile Wolff a établi la teneur en substances minérales de plusieurs rations alimentaires reconnues comme réalisant d'ailleurs, d'après l'expérience, les conditions désirées. Il a trouvé que dans la ration journalière d'un veau de 250 livres, composée de 3 livres de foin de pré, de 1 livre de farine de lin, de $^1/_2$ livre de graine de lin, de 1 livre de paille d'avoine et de 4 livres de betterave, il y a environ 42 grammes de potasse, 20 grammes de chaux et 25 grammes d'acide phosphorique. Dans une autre ration, pour le même poids vif, composée de 2 livres de foin de pré, de 1 livre de foin de trèfle, de 1 $^1/_4$ livre de paille de fève, de 1 livre de graine de lin et de 8 livres de betterave, il a trouvé 56 grammes de potasse, 21 grammes de chaux et 28,5 grammes d'acide phosphorique.

Dans une ration appropriée au jeune bétail du poids vif de 500 livres et composée de 8 livres de foin, 3 livres de balles d'avoine, 5 livres de paille d'avoine, 10 livres de betterave, 1 livre d'avoine concassée et de 1 livre de farine de navette, É. Wolff a constaté la présence de 131 grammes de potasse, 59 grammes de chaux et 47 grammes d'acide phosphorique.

Une autre ration, composée de 10 livres de foin, 5 livres de paille d'avoine, 5 livres de balle d'avoine, 20 livres de betterave, 1 livre de farine de navette et 1 livre de son de froment, propre à la dernière phase de la période de croissance des grands ruminants, lui a fourni environ 184 grammes de potasse, 173 grammes de chaux et 56 grammes d'acide phosphorique.

En analysant, dans notre *Mémoire sur la théorie du développement précoce des animaux domestiques*, les rations des chevaux de course à l'entraînement et des jeunes animaux des autres genres nourris en vue de la précocité, nous avons nous-même fait remarquer qu'elles se distinguent toutes, sans exception, par leur grande richesse relative en ces éléments minéraux. Nous avons en outre montré le premier que les os des sujets précoces se distinguent des autres par une densité plus grande, due à une plus forte proportion des matières minérales dans la constitution de leur tissu. Nous avons constaté en même temps que tous les autres tissus, et particulièrement celui du système musculaire, présentent, chez ces sujets, exactement les mêmes propriétés que celles qui appartiennent aux individus non précoces de la même race, au même stade de développement de leur squelette.

Tout le reste du développement organique dépend donc, ainsi que nous l'avons déjà dit, du développement du système osseux ou du squelette, qui dépend lui-même des proportions de matières nutritives organiques et minérales contenues dans la ration alimentaire.

Les expériences de Flourens sur la coloration des os des jeunes animaux nourris avec de la garance ont fait voir comment se forment les éléments anatomiques du tissu osseux, et en particulier comment croissent les os longs par l'accumulation de ces éléments entre les épiphyses et la diaphyse. Les réactions qui se produisent dans le plasma entre le phosphate de potasse et les sels de chaux qu'il contient, une fois ce plasma épanché dans les lacunes cartilagineuses, ont pour conséquence la formation des lamelles osseuses et des corpuscules ou ostéoplastes. Il se rencontre là en présence précisément les équivalents d'acide phosphorique et de chaux nécessaires pour constituer le phosphate tribasique et le carbonate de chaux constituants des os. La théorie que nous avons donnée de ces phénomènes nutritifs a été, on peut le dire, acceptée par les savants du monde entier, car elle se trouve reproduite sans objection dans toutes les publications biologiques parues ultérieurement en toutes langues. Il est donc permis de la considérer comme acquise à la science définitivement.

Si le fait fondamental de la précocité, l'achèvement hâtif du squelette manifesté intérieurement par la soudure complète des épiphyses des os longs, et extérieurement par l'évolution également complète des dents permanentes ou dents d'adulte, est toujours le même, les conditions de développement de ce même squelette et d'ailleurs de tous les organes de la vie de relation sont subordonnées à des circonstances extrinsèques autres que celles d'alimentation.

L'observation démontre que les organes croissent en raison directe des actions mécaniques qu'ils exercent durant leur période de croissance. Nous l'avons déjà vu expérimentalement plus haut, à propos de l'estomac des jeunes veaux. En outre, les expériences de Jaeger ont prouvé qu'il en est ainsi de même pour les os, ce qui est évident chez les chevaux de course, dont le squelette est toujours plus développé, en moyenne, que celui des chevaux orientaux de la race à laquelle appartient leur variété. Les muscles des membres inférieurs des danseurs, ceux des membres supérieurs des forgerons, des ouvriers boulangers, de tous les ouvriers qui les exercent par un fort travail quotidien, acquièrent aussi, sous la même influence, un développement exagéré de leurs fibres ou éléments contractiles. Les poumons et le cœur de ces mêmes chevaux de course, ont acquis, par rapport au poids de leur corps, un développement relatif considérable que Rüeff a déterminé comparativement du reste pour les chevaux de race orientale en général.

D'un autre côté, Baudement a établi que, chez les sujets de race bovine, le poids relatif des poumons décroît en raison directe de la précocité du développement, tandis que l'ampleur extérieure de la poitrine croît au contraire selon la même raison, ce qui a été confirmé d'abord par les recherches de H. von Nathusius, puis par celles de Roloff et de G. Kœgel sur les moutons. D'où il suit que la capacité intérieure du thorax, occupée entièrement par les poumons et le cœur, ne correspond pas nécessairement au volume de la région thoracique sur l'animal vivant. Et, en effet, les auteurs allemands dont les noms viennent d'être cités en dernier lieu ont fait voir, par des mensurations précises et des calculs exacts, que l'ampleur apparente du thorax dépend de son diamètre transversal, dû au degré de courbure des côtes, en outre de l'épaisseur des masses musculaires qui l'entourent, tandis que sa capacité réelle est subordonnée principalement au degré d'obliquité du diaphragme formant la base du cône thoracique. Ils ont établi que chez les sujets précoces des races comestibles, bœufs et moutons, la brièveté relative du sternum diminue, dans une forte proportion, par le faible développement des noyaux osseux de l'appareil, la capacité intérieure réelle du thorax.

Il est connu en outre que, chez ces mêmes sujets, le volume relatif des os est réduit. Nous avons établi, dans le Mémoire cité plus haut, que la réduction est d'envi-

ron un cinquième, quant à la longueur des os des membres. On sait qu'ils sont bas sur jambes ou près de terre, selon les expressions vulgaires, et qu'ils ont les extrémités fines, tête, queue et régions inférieures des membres, toutes les parties en un mot dont le volume dépend principalement du squelette.

Ces différences dépendent uniquement de la gymnastique des appareils considérés, qui commande le mode de leur nutrition. Les os laissés au repos s'achèvent promptement sous l'influence de la ration de précocité, mais ils n'atteignent qu'un faible volume relatif. Il en est de même des poumons et du cœur. Les muscles et le tissu adipeux accumulent du plasma et de la graisse qui ne sont pas détruits par une respiration active. Tous ces organes méthodiquement et activement exercés, au contraire, atteignent le maximum de leur développement possible.

Le parti à tirer de ces principes physiologiques doit être conforme au but de la production ultérieure. Nous nous réservons par conséquent d'en faire plus tard l'application.

Production du lait.

Le lait est, pour les populations humaines, un aliment de grande consommation, surtout pour celles des villes. Les diverses sortes de fromages et le beurre qui en sont extraits se prêtent facilement, dans la plupart des cas, à de longs transports, et laissent dans l'exploitation agricole des résidus ou bas produits d'un emploi facile et avantageux pour l'alimentation des jeunes cochons, ainsi que nous le verrons plus loin. Cela fait de la production industrielle du lait, dans toutes les conditions climatériques propres à exciter la fonction des mamelles, un des modes les plus lucratifs d'exploitation du bétail.

Les prix de vente du lait en nature et de ses extraits vont sans cesse croissant, ainsi du reste que ceux de tous les produits animaux, à mesure que le bien-être social se développe. On ne saurait donc étudier de trop près les meilleures conditions de la production du lait, celles qui ont pour conséquences d'en augmenter la quantité ou la qualité et de faire utiliser le plus complétement, par l'organe producteur, les aliments que consomme l'animal laitier.

Avant tout il faut donner une idée suffisante de la constitution de cet organe, qui est, comme on sait, la mamelle, afin d'en faire bien comprendre la fonction. Les connaissances précises, scientifiques, à cet égard, sont beaucoup plus simples que les notions empiriques dans lesquelles on fait entrer des considérations accessoires, superflues parce qu'elles sont des conséquences nécessaires des faits principaux, ou complétement erronées parce qu'elles sont en contradiction avec l'observation bien interprétée.

On peut se représenter la *mamelle* comme étant formée par une agglomération d'éléments ou *grains glandulaires*, dont chacun est pourvu d'un petit conduit se réunissant avec le voisin et aboutissant ainsi, d'anastomose en anastomose, jusqu'à un collecteur commun qui débouche à l'extrémité extérieure du mamelon.

Au-dessus de la base de celui-ci, il existe une dilatation du collecteur, formant réservoir, et qui porte les noms de *citerne du lait* ou de *réservoir galactophore*. Les conduits ramifiés qui aboutissent à ce réservoir en partant des grains glandulaires, sont les *canaux lactifères* ou *galactophores*.

L'élément ou grain glandulaire consiste en une cellule formée par une membrane dans l'épaisseur de laquelle rampent les capillaires sanguins fournis par le vaisseau fonctionnel ou vaisseau artériel de la mamelle et aboutissant à la veine mammaire. La surface interne de cette membrane, formant support au réseau capillaire, est tapissée de *cellules épithéliales* d'une espèce spéciale, dites cellules glandulaires, pourvues d'une très-mince membrane, d'un noyau et d'un contenu fluide dans lequel sont suspendues de très-fines molécules et des gouttelettes grasses. Ce sont ces cellules qui, durant la période de lactation, se transforment par métamorphose graisseuse, pour fournir les corpuscules du lait appelés *globules butyreux*. Leur quantité devient alors presque innombrable et leur renouvellement très-actif par néoformation.

Aucun des éléments du lait, qui est, comme on sait, à proprement parler une émulsion de matière grasse dans un liquide faiblement sucré contenant en dissolution une matière protéique et des sels minéraux, n'existe tout formé dans le sang, à l'exception, bien entendu, de ces sels et de l'eau, qui ne lui sont point particuliers. Ni le beurre, ni la caséine, ni le lactose ou sucre de lait ne se rencontrent dans aucune autre humeur de l'économie. Ce sont donc là des produits d'élaboration ou de sécrétion du grain glandulaire de la mamelle et non point des résulats de simple filtration, comme le sont, par exemple, les éléments de l'urine.

La constitution du grain mammaire, dont nous ne pouvons pas songer ici à exposer l'histologie complète, est telle que l'albumine et les autres matériaux du plasma sanguin y sont transformés en caséine, en acides gras du beurre (palmitique, stéarique, butyrique, caprylique, etc.) et en lactose. On conçoit facilement dès lors que la qualité du lait, due aux proportions de ces divers éléments, dépende uniquement, à égalité du plasma sanguin dépendant elle-même de l'alimentation, de l'organisation histologique du grain glandulaire. C'est là une des nombreuses influences de l'individualité, puis de la variété, puis de la race, qui jouent un si grand rôle dans les fonctions économiques des animaux.

Quant à la quantité de lait sécrétée par l'individu, il est clair qu'elle est une conséquence nécessaire du nombre total des grains glandulaires qui forment ses mamelles. Chacun de ces grains extrait du sang qui circule dans les capillaires de sa membrane fondamentale une certaine quantité de lait, variable selon son activité fonctionnelle propre. Plus sont nombreux les affluents, plus est grand le débit du collecteur.

Ce débit est nécessairement en raison aussi de celui du sang qui fournit les matériaux du lait. C'est pourquoi le volume des veines mammaires, qui en donne la mesure, a été de tout temps considéré empiriquement comme une indication sûre de l'aptitude laitière. Mais on comprend maintenant que l'indication essentielle, fondamentale, pour juger de cette aptitude, se tire du nombre même des grains glandulaires qui commande tout le reste, et qui se traduit extérieurement par le volume même de la mamelle, débarrassée de tout élément étranger, et particulièrement des cellules adipeuses qui s'accumulent parfois dans son tissu conjonctif, au détriment de ces grains.

Les vaches, les chèvres, les brebis et aussi exceptionnellement les ânesses, sont exploitées pour la production du lait. Les vaches étant à beaucoup près les machines les plus importantes, nous ne nous occuperons ici que de ce qui les concerne. En les prenant pour type de l'industrie laitière, d'ailleurs, on pourra sans peine faire aux autres femelles l'application de nos renseignements.

Ceci entendu, complétons la description de l'organe mammaire par l'indication des particularités qu'il présente chez elles, où il porte le nom vulgaire de *pis*.

Chez la vache, le *pis* se compose de deux mamelles en forme de disque lenticulaire, situées dans la région inguinale, appliquées verticalement l'une contre l'autre et séparées par une cloison fibreuse. Chacune des mamelles s'ouvre à l'extérieur ordinairement par deux *mamelons* ou *tétines*, quelquefois par trois et même par quatre, correspondant à autant de réservoirs galactophores,

NUTRITION DES ANIMAUX.

La peau qui les recouvre s'amincit à mesure qu'elle se rapproche des mamelons, et sur ceux-ci elle est complétement dépourvue de poils. Sous cette peau il existe une couche épaisse de tissu lamineux, formant une sorte de membrane d'enveloppe à la mamelle et envoyant dans l'intérieur de celle-ci des lames et des lamelles qui divisent l'agglomération des grains glandulaires en lobules. Elle soutient la mamelle en se confondant, en avant surtout, avec l'aponévrose des muscles abdominaux.

Le canal du mamelon, qui fait communiquer la citerne ou réservoir galactophore avec l'extérieur, est tapissé par une membrane muqueuse pourvue d'un épithélium cylindrique. Cette muqueuse est renforcée par des fibres élastiques, et à son extrémité inférieure par des fibres musculaires lisses, dont la contraction en clot l'ouverture et s'oppose à l'écoulement libre du lait accumulé dans la citerne. C'est pourquoi une pression est nécessaire pour le faire sortir. L'accumulation même, quand elle dépasse la limite, suffit pour faire céder la résistance sous le propre poids du lait. Dans la *mulsion* ou la *traite*, cette pression est exercée par la main. Les tubes trayeurs, dont on a recommandé l'emploi dans ces derniers temps, agissent en tenant l'ouverture béante par la dilatation de l'extrémité inférieure du canal. Chez certaines vaches impressionnables, ces fibres musculaires du mamelon se contractent énergiquement, quand on les approche pour les traire, sous l'influence d'une excitation réflexe. On dit d'elles qu'elles retiennent leur lait. Les mamelons du pis plein de lait se tendent, deviennent rigides, parce que le liquide remplit leur canal et distend ses fibres élastiques.

Pour apprécier l'aptitude laitière d'une vache, il suffit d'examiner avec compétence le volume, la forme et la constitution intérieure de ses mamelles. Un pis volumineux, dont les formes sont régulières, les deux moitiés latérales en étant bien égales et les mamelons disposés sur deux rangées exactement parallèles dans les deux sens longitudinal et transversal, est toujours un indice certain de lactation puissante, pourvu que le fort volume n'en soit point dû à une accumulation de cellules adipeuses plutôt qu'à celle des éléments glandulaires.

On s'en assure en constatant que ce volume diminue beaucoup immédiatement après la traite; que la peau du pis devient lâche et même plissée ou ridée; que le tissu de la glande cède facilement, à la manière d'une éponge, sous la pression de la main. Chez les bonnes vaches laitières qui sont taries ou dont la période de lactation est terminée, le pis se réduit à des dimensions comparativement fort restreintes. Lorsqu'au contraire, les grains glandulaires y sont peu abondants et le tissu adipeux dominant, le volume du pis ne varie guère, et quand on le palpe on y rencontre toujours une résistance plus ou moins élastique.

Une grande étendue de la surface couverte de poils ascendants et diversement configurée, que Guenon a nommée *écusson*, accompagne toujours l'abondance des grains glandulaires, parce qu'elle est une conséquence de la circulation veineuse du pis, et que celle-ci est nécessairement en raison du développement normal des mamelles. L'examen de l'écusson n'a donc pas d'importance pour ce qui concerne les vaches déjà laitières, dont l'aptitude peut être jugée plus facilement et plus sûrement par celui de leur pis; mais il en prend une considérable, qui est trop négligée, quand il s'agit d'apprécier les jeunes femelles au point de vue de leur avenir. Un grand écusson est alors l'indice certain que les mamelles prendront un fort développement quand elles entreront en fonction sous l'influence de la gestation.

Tous les autres signes indiqués empiriquement comme des indices de l'aptitude laitière, tels que ceux tirés des formes générales du corps, sont insignifiants ou contraires à l'observation exacte, ou ne sont point particuliers à cette aptitude. La finesse du squelette, le calme ou la mollesse du tempérament, le grand développement des glandes grasses ou follicules sébacés de la peau, accompagnent ordinairement la grande aptitude laitière; mais on observe tous les jours des vaches dont le squelette est grossier, la peau épaisse et rude, le tempérament énergique, et qui donnent beaucoup de lait, par cela seul qu'elles ont en même temps des mamelles très-volumineuses et très-actives.

Il y a, dans toutes les races bovines et dans toutes les variétés de ces races, des femelles dont les mamelles sécrètent au delà de la quantité de lait qui est nécessaire pour suffire à la subsistance et au développement de leur veau. Toutes par conséquent peuvent fournir des laitières dans l'acception industrielle du mot. Seulement elles sont plus nombreuses qu'ailleurs dans certaines de ces variétés. En thèse générale, on peut donc dire justement que, pour établir une entreprise de production laitière, le choix des individualités importe plus que celui de la race ou de la variété à laquelles elles devront être empruntées.

Cette proposition, contraire aux opinions reçues parmi les zootechnistes empiriques, prend toute son importance quand on la rapproche des considérations économiques qui dominent une telle entreprise et que nous exposerons tout à l'heure. Toutefois, certaines variétés sont à juste titre réputées comme laitières et ces considérations ne s'opposent pas toujours à ce que l'on puisse choisir entre elles. A titre de document utile nous devons donc consigner ici le tableau de leur rendement moyen calculé, d'après l'observation, par divers auteurs.

Ce rendement annuel dépend, comme on le comprend bien, à la fois de la durée de leur période de lactation, dont le produit journalier va décroissant à mesure qu'elle s'avance, et de la nature des aliments qu'elles consomment dans leur aire géographique naturelle, dont le caractère dominant est de jouir d'un climat à la fois doux et humide. Il n'y a guère ou point du tout de fortes laitières, eu égard à leur poids vif, dans les climats froids ou chauds et secs. Ce que nous savons de la nutrition en général l'explique suffisamment.

Voici le tableau:

VARIÉTÉS.	Quantité annuelle DE LAIT en litres.	Durée de la période DE LACTATION en jours.
Hollandaises. . .	3654	340
Flamandes. . .	3274	340
Courtes-cornes anglaises. . .	2907	255
Normandes. . . .	3400	340
Schwitz.	2882	340
Jersey-Alderney.	1930	340
Ayrshires. . . .	1895	285
Bretonnes. . . .	1710	285

Voici maintenant, d'après les analyses comparatives du lait de ces diverses variétés, exécutées d'une part à l'Exposition internationale de Paris en 1856 par Vernois et Becquerel, et d'autre part, en Allemagne par J. Lehmann, et en Angleterre par Voelker, la composition centésimale qui lui a été reconnue, et qui peut donner une idée générale de ses qualités comparatives:

VARIÉTÉS.	EAU.	MATIÈRES SÈCHES.	CASÉINE.	ALBUMINE.	BEURRE.	SUCRE.	SELS.
Hollandaises.	88,560	11,440	2,050	0,732	3,840	4,62	0,70
Flamandes.	87,770	13,230	3,150	0,910	4,220	3,292	0,678
Courtes-cornes. . . .	87,200	12,800	3,280		3,860	4,890	0,770
Normandes [1].	88,535	11,465	2,27	1,137	5,622	5,050	0,809
Schwitz.	88,198	14,802	2,256	0,338	4,088	4,590	0,560
Jersey-Alderney. . .	83,748	16,252	4,650	0,724	5,704	4,551	0,620
Ayrshires.							
Bretonnes.							

1. Analyse due à Z. Marchand.

On voit d'après ces tableaux que, considérées d'une façon absolue, ce sont les vaches des variétés hollandaise, flamande et normande, qui fournissent les plus fortes laitières; que le lait le plus riche en beurre, par conséquent le meilleur sous tous les rapports, est celui des normandes et des variétés des îles normandes, de l'Ayrshire et de la Bretagne, de la race irlandaise.

C'est un préjugé généralement partagé par les éleveurs et les zootechnistes empiriques français, que la variété des courtes-cornes d'Angleterre, improprement appelée chez nous race de Durham, ne peut point fournir des laitières. La vérité est seulement que certaines familles, dans cette variété, poussées par la sélection dans le sens de l'aptitude excessive à la formation de la graisse, ont perdu presque complétement leur faculté laitière; mais que la plupart des autres, malgré leur précocité, l'ont conservée au point de donner encore près de 3,000 litres de lait par an, ainsi que le montre notre premier tableau. Il y a, par exemple, présentement à la vacherie de l'école de Grignon, deux bêtes venues de Grandjouan en 1873, dont l'une de la variété pure de l'Ayrshire et l'autre métisse Durham-Ayr ayant hérité de presque tous les caractères spécifiques de sa race paternelle et d'ailleurs précoce au plus haut degré. Eh bien! cette dernière vache a donné, après son vêlage qui a eu lieu en juillet, 16 litres de lait par jour, exactement la même quantité que l'autre, qui est une laitière de premier ordre dans sa race, étant douée du pis le plus volumineux et le plus régulièrement conformé que nous ayons jamais vu.

Non, la précocité du développement, la bonne conformation pour la production de la viande et l'aptitude à l'engraissement, ne sont point des obstacles à la conservation de l'aptitude laitière, qui dépend exclusivement, ainsi que nous l'avons déjà dit, de la constitution des mamelles. De ce que les vaches qui ont des mamelles volumineuses et d'un fonctionnement très-actif restent toujours maigres et même décharnées, quand elles ne reçoivent qu'une alimentation insuffisante pour fournir à la fois aux besoins de la sécrétion laiteuse et de l'entretien de leur propre corps, ce n'est pas une raison pour en conclure, comme on l'a enseigné d'après l'observation empirique, que la maigreur et l'émaciation sont des conditions nécessaires de la forte aptitude laitière. Dans les vacheries bien conduites, toutes les vaches, qu'elles donnent ou non le maximum de rendement de leur variété, s'entretiennent toujours en bon état. L'élaboration du lait exigeant une forte proportion de matières protéiques, non-seulement pour la formation de la caséine, mais encore pour celle de l'enveloppe des globules butyreux, lorsque cette proportion ne se trouve point dans les aliments, elle doit être complétée par un emprunt aux matières protéiques de l'organisme même. C'est le système musculaire qui est le mieux disposé pour fournir l'appoint.

Cette absence d'incompatibilité entre la production de la viande et celle du lait est une des notions les plus importantes pour l'exploitation industrielle des vaches laitières. Elle permet de réaliser les conditions économiques les plus profitables de cette exploitation. La bête laitière représente un capital engagé dont la valeur augmente ou diminue selon le mode de l'opération. S'il a diminué, lors de la liquidation du compte de la machine productrice, ce compte se trouve grevé au débit de l'amortissement nécessaire et le produit net ou le revenu réduit d'autant; s'il a augmenté, au contraire, la plus-value s'ajoute au crédit et il y a à la fois production de revenu et accroissement du capital dégagé par la liquidation du compte.

La simultanéité de production de la viande et du lait est, dans le cas qui nous occupe, la condition la plus facile à réaliser, étant admis que l'alimentation et les autres soins qu'exigent les vaches laitières ne laisseront rien à désirer. Il suffit pour l'atteindre sûrement de choisir ces bêtes parmi celles qui sont encore, par leur âge, en période de croissance, parmi celles qui, par exemple, viennent de faire leur premier ou leur deuxième veau.

Les vaches n'arrivant généralement à leur maximum de valeur commerciale qu'après leur troisième gestation, il est clair que si l'exploitant, après les avoir achetées plus jeunes, les vend alors pour les remplacer ou les renouveler par d'autres plus jeunes également, il bénéficiera de la plus-value après avoir profité du produit en lait. Au lieu d'avoir à prélever sur ce produit la part nécessaire pour l'amortissement de son capital, il y ajoutera le contingent de cette même plus-value encaissée par lui.

En tout cas, on peut poser en principe absolu, comme condition de l'exploitation la plus lucrative des vaches laitières, la nécessité de leur renouvellement aussi fréquent que possible, par la vente de celles qui ne donnent plus assez de lait pour faire ressortir leurs consommations au moins à la valeur commerciale et couvrir les autres frais de leur exploitation, le fumier restant comme bénéfice net. L'opération s'améliore à mesure que le prix de vente se rapproche du prix d'achat; mais elle ne peut, dans l'état actuel de la science, être considérée comme véritablement bonne, qu'à dater du moment où il le dépasse, soit que la plus-value résulte de la croissance normale de l'organisme producteur, soit que celui-ci, exploité après son achèvement complet, ait gagné du poids par l'engraissement succédant à sa période de lactation.

Ces considérations économiques, étudiées et formulées par nous depuis longtemps, ne sont point restées dans le domaine de la théorie pure. Nous avons aujourd'hui la satisfaction de les voir suivre dans de nombreuses exploitations, où la pratique les confirme de la manière la plus éclatante. Elles sont si évidentes qu'il y a lieu d'espérer qu'elles ne manqueront point de se généraliser encore davantage. Elles se résument en une

proposition fort simple, qui est que la meilleure vache laitière n'est point celle qui donne annuellement la plus forte quantité de lait, mais bien celle qui, en donnant cette plus forte quantité de lait, accroît le capital qu'elle représente au lieu de le diminuer.

Comparons deux vaches dont l'une produit en son année 600 litres de moins que l'autre, mais en acquérant une plus-value de 100 francs, tandis que la valeur commerciale de la seconde a diminué de 50 francs. 600 × 0f,15c (valeur actuelle du litre de lait) = 90 francs, dont il faut soustraire 50 francs d'amortissement; reste 40 pour l'excédant de revenu, produit par la plus forte laitière. L'autre a produit pour 90 francs de lait en moins, mais elle a gagné, d'un autre côté, 100 francs au lieu d'en perdre 50, soit comme gain réel 150 francs, qui, diminués des 90 francs de lait, laissent net 60 francs au lieu de 40, ou un bénéfice clair de 20 francs, pour la moins forte laitière exploitée en période de croissance.

Une opération imaginée il y a longtemps en Amérique par Thomas Will, mais grandement perfectionnée depuis en France par Pierre Charlier, la castration des vaches, peut dans beaucoup de cas faciliter la réalisation des conditions économiques que nous venons d'exposer. Pratiquée sur les bêtes qui ont atteint leur maximum de rendement et qui ne peuvent plus que perdre, elle a pour effet certain de prolonger la durée de leur période de lactation et de rendre après leur engraissement incomparablement plus facile. D'après des recherches directes dont les résultats vont être exposés, elle paraît aussi améliorer la qualité du lait. Ces recherches ont été effectuées sur quatre vaches, dont une a conservé jusqu'à la fin de l'expérience ses ovaires intacts.

Analyses faites le 26 juillet, avant la castration:

	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.
Densité du lait	1025	1023	1022	1025
Éléments solides	105	130	124	129
Eau	894	869	875	871
Caséine et sels insolubles.	37	38	36	34
Beurre	21,5	42,1	36,3	41,1
Sucre et sels solubles.	46,6	49,8	54,0	43,9

Le 18 août, après la castration:

				Non châtrée.
Densité	1024	1025	1024	1021
Éléments solides	134	134	132	132
Eau	865	866	868	867
Caséine et sels insolubles.	41	42	38	41
Beurre	49,2	39,0	43,6	41,5
Sucre et sels solubles.	43,9	52,3	49,8	49,5

2e analyse le 17 septembre:

				Était malade.
Densité du lait	1027	1027	1028	—
Éléments solides	119	136	128	—
Eau	880	863	874	—
Caséine et sels insolubles.	44	52	44	—
Beurre	37,0	44,6	40,0	—
Sucre et sels solubles	38,1	39,9	44,6	—

3e analyse le 7 novembre:

Densité	1031	1029	1032	1031
Éléments solides	136	139	131	114
Eau	864	861	868	886
Caséine et sels insolubles.	42	55	45	43
Beurre	44,0	41,0	37,0	20
Sucre et sels solubles.	49,5	43,0	48,0	51

Mais la circonstance principale, parmi celles qui interviennent dans la combinaison économique recommandée ici, est relative à la préférence qu'il y a lieu de donner, pour l'exploitation, aux vaches dont le commerce est le plus facile, dans la région du pays où s'effectue cette exploitation. Les frais d'achat et de vente sont alors réduits au minimum et les opérations de renouvellement des machines productrices ne rencontrent aucune entrave. Il en résulte que le choix de la race de ces machines est imposé par la circonstance en question, et que le problème pratique se réduit à celui des individualités, selon les principes que nous avons posés.

Avant de nous occuper des conditions de nutrition spéciales à la production du lait, il reste à donner quelques indications sur celles de la traite, en vue de la plus forte élévation possible de cette production. Elles ont été très-bien résumées par Gohren, dans son livre si plein de faits. Nous lui en empruntons l'exposé, en le traduisant.

Le premier lait qui sort du pis est celui qui contient le moins de matières sèches; celui qui en contient le plus se sécrète dans les quatre heures suivantes. Après deux heures seulement on n'y constate aucune différence. L'augmentation des matières sèches est due exclusivement à une plus forte proportion de beurre. La quantité proportionnelle de la caséine et des sels reste presque la même. En fractionnant la traite, Hellriegel a trouvé les proportions suivantes:

DÉSIGNATION.	LAIT DU MATIN (3 litres).			
	1er litre. p. 100.	2e litre. p. 100.	3e litre. p. 100.	Moyenne p. 100.
Beurre	1,49	2,37	4,16	2,67
Caséine	2,14	2,26	2,06	2,15
Sucre	4,10	4,50	4,06	4,22
Sels	0,71	0,76	0,76	0,74
Eau	91,50	90,11	88,96	90,22

DÉSIGNATION.	LAIT DE MIDI (2 litres).			LAIT DU SOIR (1 litre 50).		
	1er litre p. 100.	2e litre p. 100.	Moyenne p. 100.	0,75 1er p. 100.	0,75 2e p. 100.	Moyenne p. 100.
Beurre	2,19	6,50	4,35	8,40	5,28	4,34
Caséine	3,37	3,36	3,36	2,64	3,10	2,87
Sucre	4,24	4,06	4,15	4,03	3,97	4,00
Sels	0,75	0,73	0,74	0,75	0,72	0,74
Eau	89,45	85,35	87,40	89,18	86,93	88,05

La plus forte proportion de beurre dans le lait tiré en dernier lieu s'explique en admettant que les globules butyreux s'élèvent dans la citerne à la partie supérieure, comme lors de la formation de la crême, et ne s'écoulent par conséquent qu'à la fin; mais il est possible aussi qu'ils adhèrent aux parois des conduits galactophores, de telle sorte que le complet épuisement du pis soit nécessaire pour les en détacher.

E. Wolff a observé aussi que le lait qui n'a séjourné que peu de temps dans le pis est plus riche en beurre que celui qui s'y est accumulé en plus grande abondance; d'où il conclut qu'il est avantageux de traire les vaches trois fois par jour plutôt que deux fois seulement. L'expérience lui a donné les résultats suivants, pour le lait de 11 jours, dont la quantité s'est élevée à 161 litres avec trois traites et à 139 seulement avec deux:

	Lait de 3 traites. pour 100.	Lait de 2 traites. pour 100.
Eau	87,6	87,9
Beurre	4,1	3,5
Caséine	4,5	4,4
Sucre et sels	3,8	4,2

Il s'ensuit que 32 litres du lait des deux traites journalières eussent été nécessaires pour produire un kilogramme de beurre, tandis que 25,3 de celui des trois traites eussent suffi. A cela se joint l'augmentation notable de la quantité obtenue. Le lait qui séjourne trop longtemps dans la citerne et dans les conduits est donc en partie résorbé par les lymphatiques; ou plutôt, ajouterons-nous, le fonctionnement des grains glandulaires est entravé et moins actif, lorsque le pis reste longtemps rempli ou distendu, ce qui se comprend sans difficulté, la circulation du sang y étant nécessairement ralentie par la pression que supportent ses vaisseaux.

Une expérience ayant pour but la recherche de la densité du lait fourni par chacun des quatre trayons a donné les résultats ci-après:

	Densité prise à 60° Farenheit.
Trayon antérieur droit. . . .	1,0204
— — gauche . .	1,0213
— postérieur droit. . . .	1,0230
— — gauche. .	1,0235

Dans la traite complète, le dernier lait des quatre trayons a montré une densité de 1,0251.

Les recherches de Boedeker, Struckmann, Wicke et autres ont montré que le lait du soir est près du double plus riche en beurre que celui du matin, les autres parties constituantes restant sensiblement égales. Voici les nombres moyens extraits par Wicke de sept analyses du lait du matin et de huit du lait de midi et de celui du soir:

	Beurre p. 1 000.
Lait du matin.	46,07
— de midi.	41,46
— du soir.	52,14

L'influence de la température sur la quantité de lait produite est évidente pour tout observateur attentif. Les notions que nous avons données sur les phénomènes de la nutrition proprement dite rendent cette influence trop facile à comprendre pour qu'il soit nécessaire d'y insister beaucoup. Lorsque la température est trop basse, une partie des éléments nutritifs, au lieu de servir à la formation du lait, doivent être employés pour entretenir celle du corps. Lorsqu'elle est trop haute, les perspirations pulmonaire et cutanée augmentent et altèrent ainsi la qualité du lait en diminuant sa quantité. La température des étables où sont logées des vaches laitières ne doit varier qu'entre + 12° et + 15° C.

L'expérience directe a donné à May, sur ce sujet, des résultats confirmatifs dont voici le tableau:

Température de l'étable en degrés R.	Consommation en 10 jours		Production en lait.	Augmentation ou diminution du poids vif.
	Foin.	Eau.		
4	251,5k	789,5k	160k	— 11k
10	255	911	157	+ 17,5
15	253	896,5	153	— 33
12	254	861	147,5	— 6

Les fondements scientifiques de l'alimentation spéciale des vaches laitières sont tirés de ce que nous savons sur la genèse particulière de chacune des parties constituantes du lait.

En ce qui concerne la caséine, nous avons déjà dit qu'elle n'existe point toute formée dans le sang, ou que du moins on ne l'y rencontre qu'en proportion extrêmement faible. C'est vraisemblablement un albuminate alcalin qui, selon Kühne, représente le premier degré de métamorphose de l'albumine sous l'influence de la réaction des alcalis caustiques, même des carbonates alcalins selon J. C. Lehmann, et d'un ferment d'après Kemmerich. Quoi qu'il en soit, elle provient toujours du protoplasma des cellules glandulaires, qui est lui-même composé d'albumine.

Quant au beurre, les glycérides qui le constituent ne se trouvent point non plus dans le sang ni dans les aliments. Ils résultent de réactions qui s'opèrent entre les matières grasses et les éléments extractifs des aliments. Il y a une relation nécessaire entre la proportion de ceux-ci dans la ration journalière et la production du beurre. Koerte a établi que pour 500 grammes de matières grasses et d'extractifs on constate environ 60 grammes de beurre, quelle que soit d'ailleurs la quantité de lait produite.

Le sucre de lait n'est qu'une modification du sucre de raisin ou glycose, qui seul existe dans le sang comme résultant de la métamorphose des hydrates de carbone fournis par les aliments.

Il résulte donc de ces considérations qu'indépendamment de l'aptitude individuelle, la quantité journalière du lait doit être en raison de la richesse de l'alimentation constituée d'après les principes généraux que nous avons posés, c'est-à-dire conformément aux conditions de la relation nutritive et en proportion du poids vif. Nous avons (p. 12) donné un exemple de ration empruntée à Weidenhammer, qui peut servir de modèle, sauf toutefois en ce qui concerne le choix de l'aliment complémentaire, au sujet duquel nous devons présenter quelques remarques importantes.

C'est un fait constaté par tous les expérimentateurs que l'alimentation n'exerce qu'une influence secondaire sur la qualité du lait, en tant qu'il s'agisse des proportions de ses principaux éléments constituants. Les variations se font sentir principalement sur la quantité secrétée. Kühn et Fleischer ont trouvé qu'elle était augmentée de 6 à 9 % par une addition d'huile à la ration, de beaucoup moins par l'addition d'amidon, de 12 % par l'addition des matières protéiques de la fève, de 2 à 3 % seulement lorsque ces matières étaient empruntées à la farine de navette. En remplaçant la moitié du foin de pré de la ration par un poids égal de foin de trèfle de deuxième coupe, E. Wolff a vu la quantité du lait s'augmenter de 0,38 livre par tête et par jour; la substitution complète a porté l'augmentation presque au double, exactement à 0,79. Aussi Kühn admet qu'à la condition de ne pas dépasser un certain minimum qui assure le fonctionnement régulier des organes, il n'y a plus d'intérêt bien démontré à augmenter la ration des bêtes laitières. Le tout est de bien déterminer ce minimum par l'expérience.

Cela ne s'applique, bien entendu, qu'aux bêtes qui ont dépassé la période de croissance, et seulement dès lors qu'à la fonction des mamelles. Les autres ont en outre à pourvoir à leur propre développement. Leur alimentation est régie par les principes posés pour la production du jeune bétail. En tout cas, la ration des laitières doit être proportionnellement riche en matières protéiques, en matières sucrées ou extractives non azotées, et aussi en eau. C'est pourquoi le régime des bons herbages est toujours celui qui leur convient le mieux.

Mais il s'agit aussi de régler leur ration d'hiver d'après les mêmes principes ; et dans celle-ci, ce qui importe le plus, c'est le choix de l'aliment complémentaire auquel est due principalement la richesse de cette ration à la fois en matières protéiques et en matières grasses.

Parmi les semences qui fournissent le plus facilement ces matières sous une forme concentrée, il en est qui contiennent en même temps des principes immédiats odorants. Ceux-ci, éliminés par les mamelles, communiquent au lait un goût désagréable qui en diminue considérablement la valeur. Plusieurs graines oléagineuses sont dans ce cas, particulièrement celles de lin et de colza, parmi les plus employées. Il convient donc de s'abstenir de les faire entrer dans la ration des vaches laitières, soit sous forme de farine, soit sous forme de tourteau.

Les tourteaux de palme et d'arachide, qui ont une

valeur commerciale moindre, n'ont pas le même inconvénient. Il en est ainsi, à plus forte raison, des graines céréales et légumineuses. La farine d'orge est l'aliment complémentaire le plus usité et le plus recommandé en France pour les laitières. Il y en a cependant un autre que, théoriquement et pratiquement, nous lui avons trouvé bien préférable. Le son de froment, plus riche poids pour poids en matières protéiques et d'une valeur commerciale moindre, est véritablement en ce cas l'aliment complémentaire par excellence.

Ajoutons, pour terminer sur la production du lait, que l'aptitude individuelle est augmentée pour cet objet, d'après les observations de Chazely, depuis toujours confirmées, par la gestation précoce des femelles. C'est la seule indication qu'il y ait à donner pour compléter, sur ce point particulier, le chapitre consacré à la production du jeune bétail. Dès que les génisses entrent en rut, elles doivent être fécondées.

Production de la graisse et de la viande.

Schmoller a établi que dans les Etats allemands la consommation de la viande par tête d'habitant et par an avait passé, de 1802 à 1867, de 33,83 livres à 34,98 (15k,800 à 16k,33). D'après Maurice Block, elle est aujourd'hui pour la France de 25k,100 (17,600 dans les campagnes et 53,600 dans les villes en général, 79,600 à Paris); en Russie, 20 kilogrammes; en Prusse 18k,750 (52 kilogrammes à Berlin); en Autriche, 11k,420; dans le royaume de Saxe, 25k,250; en Suisse, 23k,500; en Belgique et en Hollande, 18 kilogrammes; en Wurtemberg, 14 kilogrammes; en Espagne, 8k,400 dans les campagnes et 23k,300 dans les grandes villes.

Les évaluations les plus modérées portent de 70 à 90 kilogrammes par tête et par an, la consommation nécessaire pour que les populations européennes trouvent, dans leur alimentation, le maximum de force et de bien-être. D'un autre côté, les mercuriales des marchés nous montrent que les prix de la denrée vont sans cesse en croissant, ce qui indique clairement que la consommation suit une progression plus forte que celle de la production.

On voit par tout cela qu'il reste encore aux producteurs un champ largement ouvert pour développer leur industrie, et que cette industrie s'exerce dans les conditions économiques les plus avantageuses qui se puissent imaginer. Il y a donc un grand intérêt à étudier tout ce qui peut perfectionner les procédés de production.

La viande se compose essentiellement du tissu musculaire et de ses accessoires, qui présentent une constitution très-variable selon leur état d'engraissement. D'après Bischoff et Voit, elle contient en moyenne 75,9 % d'eau, 3,4 % de graisse et 1,3 % de matières solides; d'après Grouven, 74,7 % d'eau, 3,8 % de graisse et 1,4 % d'autres matières. La proportion d'eau est très-variable. Elle est plus forte chez les jeunes animaux et chez les femelles que chez les mâles et les animaux plus âgés; plus faible chez les gras que chez les maigres. D'où la conclusion évidente que, poids pour poids, la viande engraissée contient plus de matières nutritives que la viande maigre et a par conséquent une plus grande valeur; et aussi celle que la viande des animaux précoces, plus aptes que les autres à l'engraissement, est nécessairement plus riche au même degré de développement du squelette, quel que soit d'ailleurs le temps écoulé depuis leur naissance. Cette dernière conclusion ne concorde point avec le préjugé le plus répandu, mais elle n'en est pas moins conforme à la réalité.

Les intéressantes recherches de Lawes et Gilbert, dont nous ne pouvons malheureusement pas consigner ici les détails, fournissent à cet égard des données précises. En voici le principal tableau :

GENRE ET ÉTAT DES ANIMAUX.	ÉLÉMENTS MINÉRAUX.	MATIÈRES AZOTÉES.	GRAISSE.	SOMME DES MATIÈRES sèches.	CONTENU frais DE L'ESTOMAC et de l'intestin.	EAU.
	pour 100.	pour 100.	pour 100.	pour 100.	pour 100.	pour 100.
Veau gras	3,80	15,2	14,8	33,8	3,17	63,0
Bœuf demi-gras	4,66	16,6	19,1	40,3	8,19	51,5
Bœuf gras	3,92	14,5	30,1	48,5	5,98	45,5
Agneau gras	2,94	12,3	28,5	43,7	8,54	47,8
Mouton maigre	3,16	14,8	18,7	36,7	6,00	57,3
Mouton demi-gras	3,17	14,0	23,5	40,7	9,05	50,2
Mouton gras	2,81	12,2	35,6	50,6	6,02	43,4
Mouton très-gras	2,90	10,9	45,8	59,6	5,18	35,2
Cochon maigre	2,67	13,7	23,3	39,7	5,22	55,1
Cochon gras	1,65	10,9	42,2	54,7	3,97	41,3
Moyenne de tous les animaux	3,17	13,5	28,2	44,9	6,13	49,0
Animaux maigres et demi-gras	3,42	14,8	21,2	39,4	7,12	53,5
Animaux demi-gras et gras	3,23	13,3	29,9	46,4	6,26	47,3
Animaux gras et très-gras	3,00	12,7	32,8	48,5	5,48	46,0

Les recherches des mêmes auteurs ont conduit en outre à des résultats qui permettent de déterminer d'une façon exacte les proportions de matières véritablement comestibles que fournit la viande dans les divers états que nous venons de voir.

Les résultats de ces recherches méritent d'autant plus d'être pris en sérieuse considération, qu'ils n'ont pas été déduits de quelques examens seulement, mais bien d'un grand nombre d'analyses effectuées dans le célèbre laboratoire de Rothamstedt, sur des animaux entiers appartenant aux diverses espèces. Peu d'observateurs ont été en mesure de réaliser des travaux de ce genre, dont l'importance ne saurait être mise en doute. Il y a là des guides sûrs pour les opérations que nous avons en vue et qui auparavant obéissaient à des préceptes empiriques souvent erronés.

Les nombres du tableau suivant nous dispenseront à cet égard d'une longue dissertation :

GENRE ET ÉTAT DES ANIMAUX.	De 100 parties de la quantité totale sont comestibles.		De 100 parties du poids vif de l'animal sont comestibles.	
	PROTÉINE.	GRAISSE.	PROTÉINE.	GRAISSE.
Bœuf demi gras.....	60	80	9,96	15,28
Vieux mouton demi-gras.....	50	75	7,00	17,63
Veau gras.....	60	95	9,12	14,06
Bœuf gras.....	60	80	8,70	24,08
Agneau gras.....	50	95	6,19	27,08
Mouton gras.....	50	75	6,10	26,70
Mouton très-gras.....	50	75	5,45	34,35
Cochon gras.....	78	90	8,50	37,98
Mouton maigre.....	50	75	7,40	14,03
Cochon maigre.....	78	90	10,69	20,97
Moyenne de tous les animaux....	58,6	83,0	7,91	23,22
Animaux maigres et demi-gras...	—	—	8,76	16,98
Animaux gras et très-gras.....	—	—	7,29	26,71

Tous ces nombres font voir qu'aussi bien au point de vue du consommateur qu'à celui du producteur, les animaux qui s'engraissent le plus facilement, à quelque genre qu'ils appartiennent, sont toujours les plus avantageux pour la production de la viande. A qualité de nourriture égale, ils en fournissent plus et de la meilleure. Ce sont en conséquence les individus les plus précoces qui occupent à cet égard le premier rang. Pratiquement donc, ils doivent obtenir la préférence dans les entreprises zootechniques dont nous nous occupons en ce moment; et ce n'est pas seulement à cause de leur plus grande aptitude à produire, dans le même temps, une plus forte quantité de viande, ou un rendement net plus élevé, dû principalement à l'ampleur plus grande de toutes les parties du corps et à la réduction de la longueur des os des membres, du volume de la tête, etc.; c'est aussi parce que, dans leur corps, les parties qui acquièrent le plus grand développement sont précisément celles qui, à la boucherie, sont les plus estimées ou se payent le plus cher.

Nous savons déjà que les animaux précoces se distinguent par l'ampleur de la poitrine ou circonférence thoracique, due à l'épaisseur des masses charnues qui occupent la région. Cette grande ampleur transversale du thorax commande, en raison de corrélations anatomiques bien connues, la largeur de la région des lombes ou des reins et aussi celle de la région des hanches ou de la croupe. Une indication des catégories adoptées dans le commerce de la boucherie, pour la coupe de la viande et les prix des divers morceaux que donnent les animaux abattus, va nous fournir à cet égard les meilleures bases pour le choix de ceux qui seront nécessairement les meilleurs consommateurs de leurs aliments, soit qu'il s'agisse de les élever ou seulement de les engraisser en vue de la boucherie.

Les sujets les mieux conformés, à notre point de vue actuel, toute question d'esthétique mise de côté, sont ceux qui, à l'étal du boucher ou du charcutier, rendent la plus forte proportion des morceaux de viande que les consommateurs payent le plus cher, ou des morceaux des premières catégories.

Les figures 1 2 et 3, si on les examine attentivement, suffiront, avec leurs légendes, pour nous dispenser d'entrer dans les détails d'une description. On y trouvera les modèles de la conformation à rechercher, avec les raisons pratiques à l'appui. Nous laisserons donc au lecteur le soin de déduire ces raisons, en ajoutant seulement que chez les moutons et les cochons, les parties les plus estimées sont celles de la croupe et de la cuisse, fournissant le gigot et le jambon.

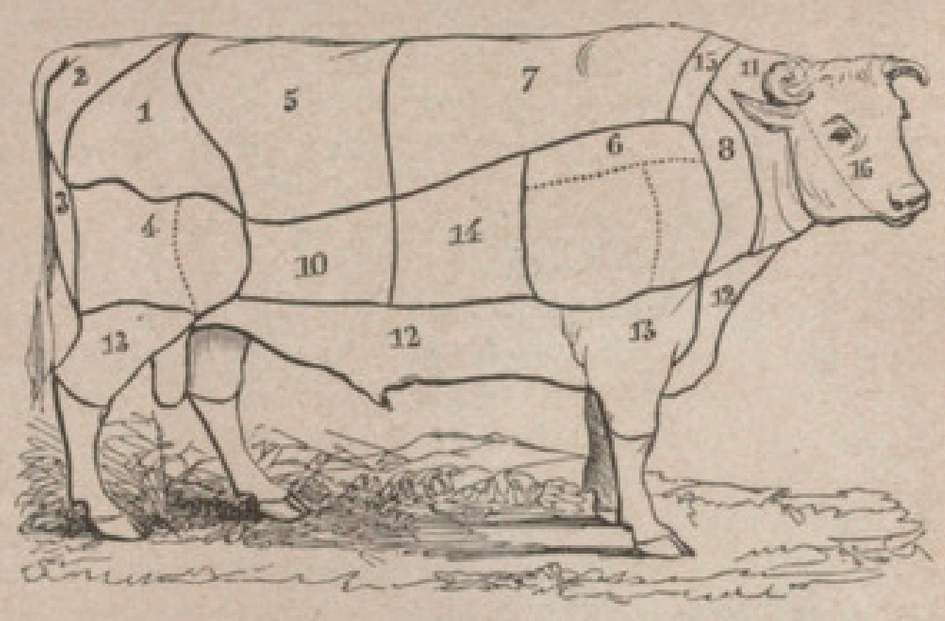


Fig. 1. — Coupe du bœuf à la boucherie.

Morceaux de première catégorie.

1. Culotte. — Tranche de petits os.
2. Cimier.
3. Tende de tranche.
4. Milieu de gite à la noix. — Tranche grasse.
5. Aloyau avec filet.

Morceaux de deuxième catégorie.

6. Milieu de macreuse dans le paleron. — Bande de macreuse.
7. Derrière de paleron. — Côtes couvertes, côtes à la noix.
8. Talon de collier.
10. Bavette d'aloyau.
14. Plat de côtes.
15. Surlonge.

Morceaux de troisième catégorie.

11. Collier.
12. Gros bout. — Milieu de poitrine. — Flanchet.
13. Boite à moelle. — Queue de gite de devant. — Gite de devant. — Gite de derrière.
16. Plat de joues.

Les variétés produites en France qui, dans leur état actuel, sont encore loin pour la plupart des conditions de la perfection, ont été l'objet, de la part de Baudement, de recherches précises, dont nous devons consigner ici les résultats. Ces recherches furent poursuivies durant plusieurs années, sur les sujets ayant été distingués par le jury des concours de Poissy. Elles ont porté, en conséquence, sur des individus très-gras; mais il suffit qu'elles soient comparatives pour conserver toute leur valeur.

On va voir plus bas, d'abord, les résultats relatifs aux

variétés bovines, en ce qui concerne le rendement en viande nette.

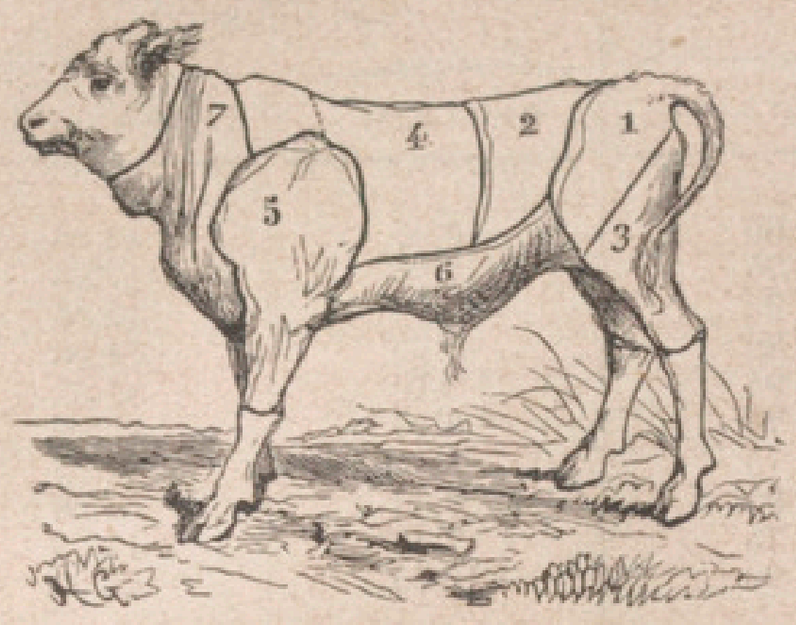


Fig 2. — Coupe du veau à la boucherie.

Première catégorie.

1. Cuisseau (milieu de rouelle).
2. Longes et rognons.
3. Cuisseau (derrière de rouelle et noix).
4. Carré couvert.

Deuxième catégorie.

5. Epaule.
6. Poitrine.
7. Collet.

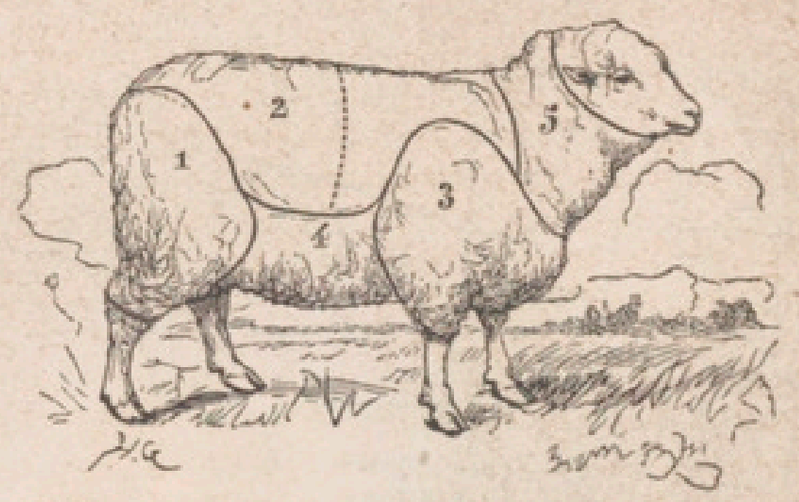


Fig. 3. — Coupe du mouton à la boucherie.

Première catégorie.

1. Gigot.
2. Filet. — Carrés. — Côtes couvertes.

Deuxième catégorie.

3. Epaule.
4. Poitrine.
5. Collet.

Les variétés comtoise, durham-mancelle, bretonne et gasconne ont rendu entre 67 et 68 % du poids vif;

Les variétés auvergnate, durham-bretonne, durham-charolaise et limousine, entre 66 et 67;

Les variétés charolaise, durham-normande et landaise, entre 65 et 66;

Les variétés normande, durham-auvergnate et bazadaise, entre 63 et 64;

La vendéenne, entre 61 et 62.

Quant au rendement en suif, il a été de 13 à 14 % pour les vendéens; de 12 à 13 pour les bretons; de 11 à 12 pour les durham-bretons; de 10 à 11 pour les landais, les normands, les gascons et les limousins; de 9 à 10 pour les comtois, les durham-manceaux, les auvergnats, les garonnais et les charolais; de 8 à 9 pour les durham-charolais, les durham-normands et les durham-bourbonnais.

Au sujet de la qualité de la viande, le classement suivant a été adopté : 1 durham-breton. 2 vendéen. 3 durham-manceau. 4 limousin. 5 durham. 6 garonnais. 7 durham-charolais et durham-normand. 8 breton. 9 auvergnat. 10 charolais. 11 normand et bazadais. — Le n° 1 ayant 100, le n° 11 a 87.5.

Pour les variétés ovines, Magne a donné les chiffres suivants:

	Viande nette.	Suif.
Mérinos.	63,150	14,600
Dishley-mérinos. . . .	62,240	11,020
Southdown.	53,351	9,991
Berrichonne.	51,075	5,282
Solognote.	50,000	5,258
Poitevine.	50,000	2,557
Marchoise.	47,058	4,647
Picarde.	46,153	2,884
Bourbonnaise.	46,037	6,113

Les conditions particulières d'alimentation, au point de vue spécial de la production de la viande ou de la chair comestible, aussi bien qu'à celui de la production de la graisse surtout, qui concerne exclusivement les porcs, l'opération n'en portant pas moins dans les deux cas le nom vulgaire d'engraissement, ces conditions-là sont fondées scientifiquement d'abord sur la théorie de la formation des matières grasses dans l'économie animale. Nous devons donc avant tout exposer en résumé cette théorie, que nous avons réservée pour ce moment.

La première question qui se pose est celle de savoir si la fonction de l'organisme se borne, comme pour les matières protéiques, à extraire des aliments végétaux les matières grasses qu'ils contiennent, pour leur faire subir les modifications qu'elles présentent dans les tissus animaux, ou bien s'il a la faculté de les produire lui-même avec des hydrates de carbone quelconques. Les recherches de Dumas et Milne Edwards, de Boussingault, de Persoz, de Lacaze du Thiers et Riche, effectuées expérimentalement sur des animaux de divers embranchements, ont depuis longtemps résolu cette question par l'affirmative. Leurs résultats ont montré que chez les vertébrés, comme chez les insectes, la production des matières grasses dépasse de beaucoup la quantité de celles qui se trouvent dans les aliments qu'ils ont reçus.

D'un autre côté, dans les conditions qui nous intéressent plus directement, Lawes et Gilbert ont trouvé que pour une augmentation de poids vif de 100 kilogrammes, chez les bêtes bovines, il y a de 60 à 65 kilogrammes de graisse, de 7 à 8 kilogrammes de matières azotées, de 1 kilogramme à 1,500 grammes de substances minérales et de 25 à 30 kilogrammes d'eau ; que, chez les bêtes ovines, le gain de 100 kilogrammes se compose de 65 à 70 kilogrammes de graisse, et de 7 à 8 kilogrammes de matières azotées ; que, chez les cochons il y a de 65 à 70 % de graisse et de 6 à 8 % de matières azotées.

En moyenne, c'est donc, pour les matières grasses, une augmentation de 8 à 10 fois plus grande que celle des matières azotées. Les auteurs ont calculé que, d'après ces résultats, il ne se fixe dans l'organisme que 8 à 9 % de la quantité de matière sèche contenue dans les aliments, et que les éléments composants de cette matière sèche sont assimilés dans des proportions très-différentes. Ainsi, il n'y a que 3 % des substances minérales, 5 % des matières azotées et 10 % des matières non azotées propres à se transformer en graisse.

Dans l'accroissement total de poids, les matières azotées étant à la graisse dans le rapport de 1 : 10, il doit donc y avoir dans l'alimentation une proportion double de matières protéiques, puisque de ces matières seulement 5 % ou $^1/_{20}$ seront assimilés, tandis qu'il sera fixé 10 % de la quantité des matières propres à former de la graisse. La relation nutritive devra donc être 2: 10 ou 1 : 5. Ce qui confirme en général nos précédentes indications sur cette relation.

Mais ce n'est pas de cela qu'il s'agit présentement. En ce qui concerne notre sujet actuel, l'observation et l'expérience démontrent tous les jours que les hydrates de carbone se transforment, dans l'organisme animal, en glycérides constituants des diverses sortes de matières

NUTRITION DES ANIMAUX.

grasses. Les praticiens savent bien que les aliments riches en fécule, les liquides contenant de la dextrine, comme la bière, engraissent facilement les individus qui ont une respiration peu active et qui par conséquent ne détruisent qu'une faible proportion des matières combustibles qu'ils absorbent.

L'état de la chimie organique autorise, sur les réactions que nécessite une telle transformation, des hypothèses aussi vraisemblables que possible. Les travaux de Berthelot, en particulier, ne laissent guère de doute à cet égard. Le plus probable est même que les matières grasses qui s'accumulent dans le corps animal ont pour source exclusive les hydrates de carbone, celles toutes formées que le sang reçoit par les aliments étant aussitôt détruites pour l'entretien de la température normale du corps.

Nous ne pouvons pas songer à entrer ici dans les détails de ces réactions. La place dont nous disposons ne le permettrait point. Qu'il nous suffise de constater qu'à cet égard il n'y a plus aujourd'hui, parmi les savants qui s'occupent de chimie physiologique, aucune dissidence essentielle. Il vaut donc mieux insister sur un autre point de la théorie de l'engraissement qui a, pour les applications pratiques, une importance beaucoup plus grande. Ce sont les recherches de Voit qui ont le mieux éclairci ce point.

L'animal a en soi une provision variable de substances albuminoïdes et grasses, aux dépens de laquelle il vit, et qui est augmentée par l'apport de la nourriture. L'augmentation peut être en telle mesure que s'ensuive cet état complexe nommé engraissement, et qui résulte d'un excédant entre les matières introduites et celles qui peuvent être détruites. On sait que leur destruction, loin d'être toujours égale, varie au contraire beaucoup d'après la qualité et la quantité des matériaux combustibles qui en font partie, et surtout d'après la quantité d'oxygène comburant introduite dans le sang. Pour déterminer la condition principale de l'engraissement, il faut donc connaître la loi de son introduction.

Il est établi que l'oxygène circule dans le sang charrié par les globules rouges qui ont la propriété de le retenir indépendamment de la pression, c'est-à-dire en vertu d'une certaine combinaison chimique. On en peut conclure par conséquent que l'intensité de la combustion est en général réglée par le nombre de ces globules et que, dans des circonstances égales d'ailleurs, la plus forte quantité de ceux-ci fait circuler dans les vaisseaux sanguins une plus forte somme d'oxygène. Pour se faire une juste idée de l'étendue de ce phénomène, il ne suffit pas d'estimer la quantité du sang. Pour un égal volume de celui-ci, il n'existe pas toujours un égal nombre de globules. On sait, par exemple, que le sang des animaux affaiblis en contient moins que celui des animaux vigoureux. Il est permis d'admettre, d'après ce qui précède, qu'en diminuant la richesse du sang on diminue l'absorption de l'oxygène et qu'on augmente par là, sous l'influence d'une nourriture égale, les progrès de l'engraissement, en diminuant la destruction des combustibles, pourvu que la digestion des albuminoïdes ne soit point troublée. Cela dépend aussi, comme nous l'avons déjà vu, de la quantité de sang qui, dans l'unité de temps, est mise en rapport avec l'air atmosphérique dans l'intérieur des poumons.

Ce n'est point seulement le nombre des mouvements respiratoires qui importe pour cela. Il peut augmenter sans que le nombre des battements du cœur et la quantité de l'acide carbonique exhalé deviennent plus grands. Mais si l'augmentation est due à l'exercice corporel, alors les contractions du cœur deviennent plus fortes et le sang traverse plus fréquemment le poumon, ce qui détermine une osmose plus active et augmente l'expulsion d'acide carbonique.

D'après les observations de Henneberg et Stohmann, une alimentation riche en matières protéiques augmente le nombre des battements du cœur et par conséquent l'introduction d'oxygène. En ce cas, il n'y a pas plus d'albumine détruite, mais seulement plus de matières grasses. En conséquence, il est évident que le repos, en réduisant au minimum le nombre des battements du cœur, favorise constamment l'engraissement. Cette donnée physiologique ne doit jamais être perdue de vue dans la conduite des animaux à l'engrais, à quelque genre naturel qu'ils appartiennent.

Cela dit, voyons maintenant à poser les bases de la composition des rations d'engraissement, d'une manière générale. Nous en donnerons ensuite des exemples, en terminant, pour chacun des trois genres d'animaux qui nous intéressent.

Au commencement de l'opération, il y a lieu d'abord de mettre l'animal en bon état d'embonpoint, afin qu'il soit en mesure de jouir d'un bon appétit et d'une bonne digestion, ce qui lui permet de consommer et de transformer chaque jour une plus forte quantité d'aliments. Il lui faut, à cet effet, une ration dans laquelle les deux termes de la relation nutritive soient 1 : 5, ce qui est, comme nous le savons, celle des adultes bien entretenus.

C'est la première période, qui n'existe point pour les animaux préparés d'avance en raison de leur précocité, ou en raison du bon régime habituel auquel ils ont été soumis. Quand on achète des animaux pour les mettre à l'engrais, il y a toujours avantage à préférer, en les payant un plus fort prix, ceux qui sont en cet état.

Lorsque commence la période de l'engraissement proprement dit, ce qui importe, c'est de ne faire entrer dans la ration ni trop ni trop peu de protéine, ni trop ni trop peu de matières grasses ou d'hydrates de carbone. Ces derniers, quand ils sont en surabondance, sont expulsés en pure perte dans les excréments. Ce ne sont point des matières fertilisantes comme les protéiques. Quand plus tard il y a déjà de la graisse accumulée en certaine quantité aux places sous-cutanées que l'on appelle des maniements (voyez fig. 4), la proportion de protéine doit être augmentée de façon à ce que la relation devienne = 1 : 4,5. Cette condition, pour une égale quantité absolue de protéine digérée, fait engendrer une plus forte proportion de viande.

A mesure que l'opération s'avance, l'addition de protéine doit suivre une progression telle que la relation passe de 1 : 4,5 à 1 : 4, 1 : 3,5 et finalement 1 : 3 pour les engraissements que ne peuvent atteindre économiquement les animaux destinés au commerce, autres que les porcs. La limite des engraissements commerciaux, pour les bêtes bovines en particulier, est indiquée par l'apparition des maniements désignés dans la légende de la figure 4, à laquelle le lecteur voudra bien se reporter.

Dans le second terme de la relation nutritive qui convient le mieux pour les diverses phases de l'engraissement, le rapport entre les matières grasses et les hydrates de carbone n'est pas indifférent. J. Kühn, d'après de nombreuses expériences, a donné à cet égard des indications précises, ayant leur fondement physiologique dans ce fait que les matières grasses exigent, pour leur combustion complète, 2,4 fois plus d'oxygène qu'un même poids d'hydrates de carbone. Par conséquent, à mesure que s'augmente l'apport de ces matières par les aliments, à mesure aussi est épargnée la combustion de celles accumulées déjà dans les tissus ou des hydrates de carbone qui servent à les former.

Dans la relation normale, la proportion des matières grasses aux protéiques est = 1 : 2. Vers les dernières phases de l'engraissement, celui-ci est favorisé lorsque ce rapport se rapproche de = 2 : 3. En même temps qu'on augmente, dans la ration, la proportion de protéine, il y a donc lieu aussi d'augmenter celle de ma-

tières grasses, et en conséquence de laisser à peu près invariable la proportion des hydrates de carbone.

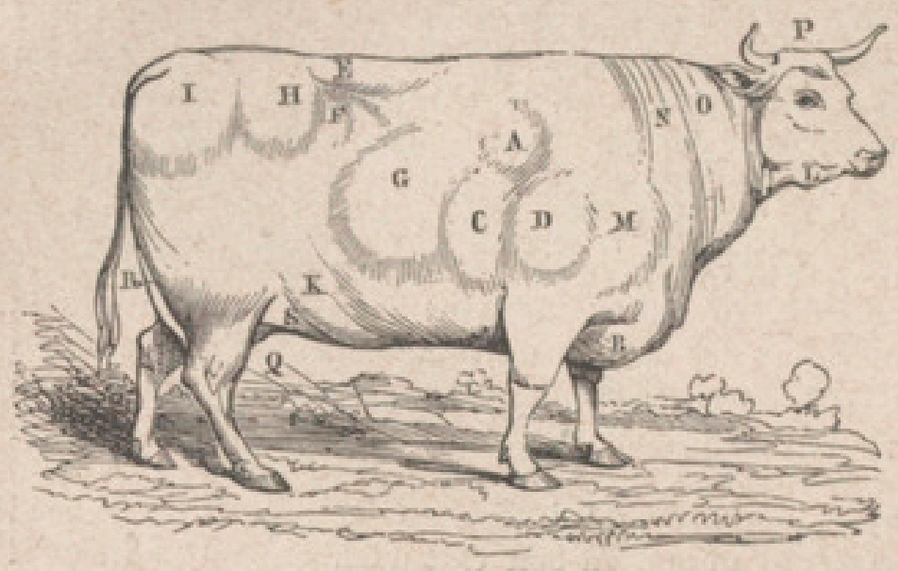


Fig. 4. — Maniements rangés dans l'ordre de leur apparition.

S. Lampe.
I. Bord.
E. Travers.
H. Hanche.
F. Flanc.
C. Cœur.
A. Paleron.
G. Côte.
M. Avant-cœur.
D. Contre-cœur.
B. Poitrine.
Q. Dessous, bragüe.
N. Collier.
O. Veine de cou.
R. Cordon.
L. Dessous de langue.
P. Oreillette.

Pratiquement, le but est atteint en faisant varier surtout l'aliment complémentaire et en l'empruntant pour une partie aux semences de céréales, pour l'autre aux semences oléagineuses.

Ici, comme pour la production du lait, le choix de cet aliment complémentaire a une influence directe et certaine sur la qualité du produit. Des recherches expérimentales de Beewer il résulte, par exemple, que la viande de porc du meilleur goût, en même temps que la plus forte quantité en poids, est celle qui a été obtenue avec des sujets exclusivement nourris de lait. Celle qui s'en est rapprochée le plus provenait d'animaux nourris avec du froment, du maïs, de l'orge, de l'avoine, des pois. Les pommes de terre seules ont donné une viande creuse, légère, peu savoureuse et perdant beaucoup de poids par la coction. Les animaux nourris de son ont donné une viande jaune, peu consistante et d'un mauvais goût. Avec des tourteaux et des graines oléagineuses, on a eu de la viande creuse, huileuse et d'un goût désagréable. Avec des fèves, une viande grossière, indigeste, insipide. Enfin avec des glands une viande légère, grossière, malsaine, dit l'auteur.

En faisant la part de l'exagération évidente que comportent ces appréciations, il n'en reste pas moins beaucoup de vrai. Il y a donc lieu d'en tenir compte dans la composition des rations spéciales d'engraissement, pour la mesure compatible avec les conditions économiques de l'opération, c'est-à-dire suivant l'intérêt qu'on trouve à se préoccuper en même temps de la qualité et de la quantité, dans la production de la graisse et de la viande.

En suivant exactement les règles posées, d'après les faits acquis à la science, pour les conditions de respiration et d'alimentation des animaux à l'engrais, on arrivera dans le moins de temps possible à leur faire gagner la plus forte quantité de poids. La durée de ce temps, toutefois, pour les sujets déjà en bon état, ne peut guère descendre au-dessous de 90 jours; mais les bêtes bovines d'un poids moyen peuvent assez facilement gagner, en ces conditions, jusqu'à 2 kilogrammes par jour, soit augmenter leur poids vif de 180 kilogrammes, ce qui est presque le double de ce qui s'observe pour les engraissements conduits d'après les habitudes empiriques.

Nous ne parlons pas de ceux qui s'opèrent dans les herbages, et dont le succès dépend seulement de l'observance rigoureuse du rapport nécessaire entre la puissance de l'herbage et le poids vif d'animaux qui doit le consommer.

Cette puissance varie comme les localités et aussi comme les circonstances météorologiques. C'est l'observation attentive qui enseigne au praticien éclairé le rapport dont il s'agit. Bornons-nous à faire remarquer en passant que si la quantité d'herbe qui engraisse un bœuf ou un mouton, quand il la consomme sur pied à mesure que cette herbe pousse, ne parviendrait jamais à l'engraisser si elle lui était distribuée à l'état de maturité sous forme de foin, c'est que la jeune herbe présente, ainsi que nous le savons déjà, une relation nutritive semblable à celle qui vient d'être indiquée pour les rations d'engraissement.

La composition de ces rations, quant aux substances alimentaires qui peuvent y entrer, ne diffère point de celle dont nous avons donné précédemment des exemples à propos de l'alimentation des vaches laitières, sauf toutefois pour ce qui concerne les aliments complémentaires qui, pour satisfaire aux exigences spéciales de la richesse en matières grasses et en hydrates de carbone, ne peuvent guère consister qu'en une combinaison de farines oléagineuses avec des farines céréales. Il serait donc superflu de répéter ici ces exemples.

Il suffira grandement d'indiquer, pour servir de base à leur établissement par le calcul, d'après les principes généraux et particuliers qui ont été posés, les nombres normaux déduits de l'expérience. Nous empruntons ces nombres à Émile Wolff.

En voici le tableau pour chacun des trois genres d'animaux soumis aux opérations d'engraissement :

POIDS VIF.	PÉRIODE d'engraissement.	MATIÈRE SÈCHE.	PROTÉINE.	MATIÈRES GRASSES.	EXTRACTIFS NON AZOTÉS.	RAPPORT DES MATIÈRES GRASSES AUX AZOTÉES.	RELATION NUTRITIVE.
kil.		kil.	kil.	kil.	kil.		
A. — Bœufs et Vaches.							
500	1re. .	12,5	1,6	0,35	7,9	1 : 3,2	1 : 5
	2e...	12,0	1,8	0,50	7,25	1 : 3,2	1 : 4
	3e...	11,5	2,1	0,75	6,4	1 : 2,8	1 : 3
B. — Moutons.							
500	1re *a*.	11,25	1,5	0,3	7,5	1 : 4	1 : 5
	» *b*.	10,75	1,7	0,5	6,8	1 : 3,8	1 : 4
	» *c*.	10,25	2,0	0,7	6,0	1 : 3,5	1 : 3
	2e *a*.	12,0	1,5	0,3	7,5	1 : 3	1 : 5
	» *b*.	11,5	1,7	0,5	6,8	1 : 2,8	1 : 4
	» *c*.	11,0	2,0	0,7	6,0	1 : 2,7	1 : 3
	3e *a*.	12,75	1,5	0,3	7,5	1 : 2,4	1 : 5
	» *b*.	12,25	1,7	0,5	6,8	1 : 2,3	1 : 4
	» *c*.	11,75	2,0	0,7	6,0	1 : 2,1	1 : 3
C. — Cochons (de 50 à 75 kil.)							
500	1re. .	19,5	3,25	0,5	16,25	—	1 : 5
	2e. .	18,75	3,75	0,75	15,0	—	1 : 4
	3e...	16,0	4,50	1,0	13,5	—	1 : 3

Les variantes *a b c* de chacune des trois périodes, dans le tableau dressé pour les moutons, indiquent qu'on peut à volonté choisir l'une ou l'autre sans que l'effet de la ration diffère sensiblement, selon que les matières alimentaires dont on dispose s'y prêtent le mieux ou qu'on y trouve une économie, en raison de la moindre valeur commerciale de ces matières. C'est ce qui doit

être d'ailleurs toujours pris en considération pour tous les cas.

Production de la laine.

On a beaucoup discuté, dans ces derniers temps, sur la production de la laine, en antagonisme avec celle de la viande, comme si, dans l'exploitation des moutons, il y avait eu à opter entre les deux genres de production. En fait, les mérinos, qui sont les producteurs de laine par excellence, donnent encore, pour la plupart, surtout leurs toisons. En ce qui les concerne, la viande est considérée comme un produit fort accessoire, qui ne leur est demandé que dans la vieillesse, alors que la laine a perdu des qualités qui la distinguent et que la viande elle-même n'a plus guère de valeur. Une propagande active a été faite et se continue encore pour amener les agriculteurs qui les exploitent à y renoncer, pour se livrer exclusivement à la production de la viande à l'aide des variétés anglaises précoces, sous le prétexte que nos laines indigènes ne peuvent point soutenir la concurrence des laines coloniales. On a été même jusqu'à prétendre que le mouton français idéal de notre époque serait celui qui n'aurait pas de toison du tout. Quelques chiffres vont nous montrer ce que peut valoir une telle conception.

La production lainière annuelle de l'Europe s'élève présentement à une quantité qui varie de 280 à 285 millions de kilogrammes, ce qui fait environ 1 kilogramme par tête de la population humaine. Les principaux pays de production sont: la Grande Bretagne et l'Irlande pour 860,000 quintaux métriques; la Prusse et les autres États allemands pour 760,000 quintaux; la Russie pour 1,110,000 quintaux; la France pour 760,000 quintaux; l'Autriche-Hongrie pour 720,000 quintaux; l'Espagne pour 551,000 quintaux; l'Italie pour 276,000 quintaux; la Roumanie pour 125,000 quintaux; la Suède et la Norwège pour 83,000 quintaux; le Portugal pour 64,300 quintaux; le Danemark pour 46,800 quintaux; enfin la Grèce pour 44,400 quintaux.

La quantité de laine travaillée en Europe chaque année s'élève en nombre rond à 480 millions de kilogrammes. Pour couvrir la différence, il est donc nécessaire d'introduire environ 190 millions de kilogrammes de laines exotiques. Les principales provenances de ces laines sont l'Australie, La Plata et la colonie du Cap, qui, dans ces dernières années, en ont expédié en Europe les quantités suivantes, en milliers de balles:

	1863.	1864.	1865.	1866.	1867.	1868.
Australie .	241	302	332	348	412	491
La Plata .	81	86	131	152	192	234
Le Cap . .	68	69	99	107	128	141
Ensemble .	390	457	562	607	732	865

Ces chiffres sont empruntés au rapport de F. Huth et Cie, de Londres. Ceux qui ne considèrent que leur progression sans cesse croissante en concluent que la production européenne en général, et la production française en particulier, rencontre sur son propre marché des conditions nécessairement de plus en plus défavorables; mais lorsque, ne voulant que s'éclairer sur le véritable état des choses, on rassemble tous les documents d'une telle question et qu'on tient compte en même temps, pour la France, par exemple, de la progression des chiffres représentant le travail de fabrication, donnés par les états de douane pour l'exportation des tissus, on s'aperçoit que si les importations de laines brutes ont environ triplé depuis la conclusion des traités de commerce avec les principales puissances européennes, les exportations de tissus se sont, de leur côté, élevées au quintuple. Il a donc bien fallu que la différence cntre les deux progressions fût couverte par la production intérieure.

Quoi qu'il en soit, on voit que les besoins de la consommation laissent ouvert un beau champ à cette production; et c'est pour le montrer que nous avons reproduit lès chiffres qui viennent d'être cités. Il ne sera du reste pas difficile de faire voir que ce champ peut être cultivé sans aucune préoccupation de concurrence. L'exploitation des troupeaux de moutons, telle que l'état de la science permet de l'entreprendre et de la conduire, ne comporte en réalité ni discussion ni option entre la laine et la viande. En vertu même de ses aptitudes physiologiques, le mouton domestique est à la fois nécessairement producteur de l'une et de l'autre. L'antagonisme empiriquement conçu par un *à priori* trop hardi n'est qu'une pure chimère, ainsi que nous l'avons démontré expérimentalement d'une manière tout à fait irréfutable par nos *Recherches sur la toison des mérinos précoces.*

La production de la laine et celle de la viande de mouton, dans tous les troupeaux actuellement existants, peuvent marcher de pair sans aucune difficulté, et atteindre le maximum d'effet utile que permettent les conditions climatériques et culturales. Les plus puissantes bêtes ou machines à laine peuvent devenir en même temps les plus puissantes machines à viande, par l'application des procédés que nous avons fait connaître précédemment, sans rien perdre de leur puissance lainière, et au contraire en portant celle-ci à un degré plus élevé.

En admettant que cette application ne soit pas possible; que les conditions climatériques et culturales ne permettent point d'obtenir la précocité du développement qui est le signe du maximum de puissance productive, il suffit encore d'appliquer à l'exploitation des bêtes à laine le principe économique formulé pour les bêtes laitières, de ne laisser point péricliter le capital engagé et de l'exploiter au contraire de façon à ce que sa valeur augmente sans cesse, pour que le résultat soit atteint sûrement.

Le grand argument dont se servent, en effet, ceux qui veulent prouver que nos troupeaux ne sauraient soutenir la concurrence des troupeaux de l'Australie, de l'Amérique et du Cap, c'est que ceux-ci paissant dans de vastes solitudes, produisent leur laine à des prix de revient presque nuls. Admettons que ces prix sont en réalité très-faibles. Il est certain qu'au moment où elles ont fait leur apparition sur le marché européen, les toisons coloniales se trouvaient en état de lutter avantageusement, par leur origine même, contre celles fournies par nos propres troupeaux et grevées de nombreux frais de production. La nourriture et l'amortissement annuel de nos machines productives avaient une valeur autrement grande. Aussi le coup porté à l'agriculture française par la baisse subite qui en résulta fut-il rude. Mais n'y a-t-il pas moyen de se placer partout dans des conditions encore meilleures que celles supposées pour les troupeaux exotiques? N'est-il pas possible de réduire à presque rien, et même à rien, les frais de production des laines françaises?

Non-seulement cela est possible, mais encore nous n'hésitons pas à affirmer que cela est on ne peut plus facile, dans les circonstances présentées actuellement par le marché de la viande. Nous avons vu que le débouché de celle-ci, déjà très-grand, ne peut que s'accroître. Durant l'année 1872, la France a dû importer 1,746,810 moutons, dont 535,050 provenant de l'Allemagne, 164,660 de l'Italie et 642,185 de l'Algérie. On ne contestera pas qu'il y ait là, pour les troupeaux indigènes, une place à prendre et qu'ils puissent la disputer sans

difficulté aux moutons allemands, par exemple, plus éloignés qu'eux du marché. Précoces ou non, qu'ils soient engraissés et vendus sur ce marché au moment où vient de se terminer leur période de croissance, et alors évidemment leur valeur sera suffisante pour couvrir les frais de production. Les deux ou trois toisons qu'ils auront fournies durant leur existence auront été obtenues par surcroît et seront tout bénéfice au moins.

Ce mode d'exploitation est en effet le minimum de ce qu'il y a lieu d'exiger des producteurs de laine, dans l'état actuel de la science zootechnique. Qu'il s'agisse de moutons précoces ou de moutons de parcours, l'opération doit toujours avoir pour base la production de la viande. Elle doit être liquidée, pour chaque individu considéré en particulier dans le troupeau, au moment où cet individu ne peut plus croître ou augmenter la valeur du capital qu'il représente. De cette façon, l'effectif du troupeau restant toujours le même par le renouvellement annuel des sujets vendus, le nombre des toisons produites ne diminue point. Le revenu résultant de la vente de ces toisons reste le même; il s'y ajoute en outre les produits de la vente des sujets qui, ayant atteint leur plus forte valeur, quittent le troupeau.

Telles sont les considérations économiques dominantes dans la production de la laine. On voit que celle-ci est dans tous les cas subordonnée à la production de la viande de mouton et que c'est être de beaucoup en retard sur le progrès, de considérer les bêtes ovines comme exclusivement productrices de laine. Il n'y a donc pas à proprement parler de conditions de nutrition particulières pour ce genre de production. L'alimentation qui convient le mieux pour la production de la viande et qui est celle que nous avons indiquée d'abord pour le jeune bétail, puis pour l'engraissement, est aussi celle qui a les meilleures conséquences au point de vue de la toison. Elle agit sur les qualités de celle-ci en raison de sa régularité et de sa quantité journalière, non en raison de sa composition. Les propriétés de la laine produite par un individu déterminé, à la condition que celui-ci soit en bonne santé et vigoureux, dépendent uniquement de son aptitude individuelle, ou des propriétés mêmes de ses organes producteurs, qui ne peuvent être modifiées que par l'hérédité.

L'amélioration des toisons, dans le troupeau, est donc seulement du ressort de la sélection, ou des méthodes de reproduction.

Notre tâche consiste ici, par conséquent, à mettre en évidence les propositions qui viennent d'être énoncées, afin d'en déduire les indications auxquelles obéit la production spéciale dont nous nous occupons. Quelques notions sommaires sur le mode de formation de la laine et sur l'appréciation de ses qualités industrielles y suffiront.

Le brin de laine, comme tous les autres poils en général, est une des productions ou formations épidermiques de la peau. Celle-ci, comme on sait, est constituée par deux couches superposées: le derme, couche inférieure plus ou moins épaisse, constituée par des fibres lamineuses enchevêtrées, auxquelles se mêlent quelques fibres musculaires lisses, et laissant entre elles des lacunes qui, chez les sujets gras, sont occupées par des cellules adipeuses; et l'épiderme, comportant d'abord un réseau de vaisseaux capillaires immédiatement appliqué sur le derme, puis, entre les mailles de ce réseau, des granulations pigmentaires et des jeunes cellules épidermiques sphériques ou polyédriques ayant un contenu limpide, qui devient granuleux à mesure qu'elles s'aplatissent en gagnant la surface où ce contenu a tout à fait disparu et où elles sont devenues des lamelles cornées formant la couche superficielle de l'épiderme qui protége la peau contre les influences extérieures.

Sur des points plus ou moins rapprochés de la couche épidermique existent de petites cavités piriformes, au fond desquelles se trouve une saillie du derme. Ces cavités sont les *bulbes pileux* ou *laineux*, s'ouvrant à l'extérieur par un col droit ou flexueux. Autour de la saillie du derme, dite *papille*, les jeunes cellules épidermiques formées par le réseau capillaire, dit *réseau de Malpighi*, s'accumulent et sont poussées dans la *gaine du bulbe* comme dans une filière. Les unes, les internes, y deviennent tubuleuses et se pressent les unes contre les autres pour former la substance même de la production pileuse; les autres, les externes, deviennent lamelleuses et s'appliquent à la surface de la masse des autres en s'imbriquant, pour former une enveloppe mince ou *cuticule* à cette production et lui donner, lorsqu'elle est vue au microscope, un aspect écailleux.

Dans l'épaisseur du derme et à une faible distance de chacun des bulbes ou follicules pileux, il existe une petite glande en grappe simple, ayant la propriété d'élaborer des matières grasses particulières qui, chez les bêtes à laine, forment la partie essentielle du fluide appelé *suint*, l'autre partie, contenant des sels minéraux dissous dans l'eau et particulièrement des sels de potasse, est élaborée par les *glandes sudoripares* qui siégent dans la couche de tissu conjonctif immédiatement sous-jacente au derme. Les conduits des *glandes grasses* ou *sébacées* et des glandes sudoripares viennent déboucher dans la gaîne pileuse. Les produits mélangés de ces glandes imprègnent par conséquent la substance pileuse, dont nous allons voir les propriétés chimiques et physiques, et forment à sa surface un enduit ou vernis protecteur, dont la connaissance importe encore plus, pour l'appréciation technique de la laine, que celle des propriétés intrinsèques de celle-ci.

D'après W. von Nathusius, à qui est due l'étude la plus approfondie que nous ayons, sans contredit, sur la laine, le poids spécifique n'en diffère pas sensiblement, quelle que soit sa finesse, à la condition qu'elle n'ait point de *canal médullaire*. C'est l'occasion de dire, en passant, que, dans les poils et les brins de laine grossiers, il y a dans le sens de l'axe une partie formée de cellules aériennes, que Nathusius considère comme provenant de la papille dermique, et qui porte le nom de *moelle* ou de *substance médullaire*.

En tout cas, les différences constatées dans les poids spécifiques ne portent que sur la deuxième décimale. Ainsi Stoeckhardt a trouvé 1,295 pour la laine de mérinos, 1,271 pour celle de southdown-mérinos et 1,257 pour celle de southdown; Nathusius 1,382 pour la laine très-fine de mérinos de Silésie, 1,339 pour celle des mérinos français et 1,306 pour celle de cotswold.

La composition chimique ne diffère pas davantage. Maercker et Schulze, d'une part, Hoffmann, de l'autre, ont fait des analyses comparatives dont voici les résultats:

DÉSIGNATION.	Maercker et Schulze.		Hoffmann.	
	Laine commune.	Laine de mérinos	Laine commune.	Laine de mérinos.
Carbone. . . .	49,49	49,58	50,687	50,661
Hydrogène. .	7,58	7,19	7,012	7,062
Azote.	15,55	15,54	17,870	17,518
Soufre.	3,73	3,69	2,441	3,636
Oxygène.. . .	23,65	24,00	21,900	21,123

Ils ne connaissaient certainement pas ces faits ceux qui, dans les discussions auxquelles nous avons fait allusion en commençant, ont affirmé, d'après les données empiriques contradictoires, qu'il fallait plus de matière alimentaire sèche pour produire l'unité en poids de laine fine que pour produire cette même unité en laine grossière.

En ce qui concerne les propriétés physiques de la laine, on sait qu'elle jouit d'une hygrométricité très-prononcée. C'est sur cette propriété des productions pileuses en général qu'est fondée la construction des hygromètres dits à cheveu. Elles subissent de même l'influence de la température. On sait aussi que la chevelure conserve la frisure qui lui a été imposée par l'application d'un fer chauffé. Les poils en général, et la laine en particulier, sont ramollis par la chaleur, deviennent malléables, puis demeurent en se refroidissant avec les formes qu'ils avaient prises.

Ces notions expliquent comment il se fait que, dans la gaîne de son bulbe ou dans sa filière, le brin de laine prend non-seulement le diamètre qu'il conservera désormais toujours, mais encore la direction de cette même filière. C'est pourquoi nous observons, selon la race, des laines droites, des laines flexueuses, des laines onduleuses et des laines plus ou moins frisées, à courbes opposées et plus ou moins rapprochées. Nathusius assure que la gaîne de ces dernières est disposée en spirale, et il explique, par la propriété que nous venons de voir, comment il se fait que la spirale du brin une fois sorti se change, chez les mérinos, en une courbe angulaire sur un même plan, ou à peu près. Cela serait dû, d'après lui, au peu d'espace qui sépare les bulbes de la peau du mérinos, où il en a compté jusqu'à 54 par millimètre carré, tandis qu'il n'y en avait que 8 sur une peau de mouton allemand commun. Ainsi pressés les uns contre les autres, les brins ne pourraient pas suivre la génératrice de leur courbe initiale. En sortant de la gaîne, celle-là serait déviée et maintenue dans le plan par la pression, jointe au refroidissement produit par l'atmosphère.

Nous avons dit qu'il y a dans la peau une glande grasse pour chacun des bulbes laineux. La quantité du suint sécrété est donc d'abord nécessairement en raison du nombre des brins de laine. Quant à sa qualité, elle dépend de la constitution même des glandes, qui varie, dans chaque race, comme les individus. On ne pourrait donc pas songer à en donner la composition moyenne autrement que comme indication très-générale. Chevreul, qui l'a le plus étudié, y a découvert autant de corps nouveaux qu'il a fait de recherches ou d'analyses, pour ainsi dire; ce qui est la meilleure preuve de ce que nous venons d'avancer.

Elsner von Gronow, qui a déterminé la proportion du suint de diverses sortes de laine, a trouvé les résultats suivants:

Laine de peigne, brillante	20,89 à 33,35 %
Laine de peigne, mate.	34,16 à 61,80
Laine de carde, longue.	64,30 à 68,88
Laine de carde, courte.	69,00 à 75,79
Laine de carde, courte extra-fine.	69,41 à 79,15

A. Stoeckhardt, de son côté, qui a examiné des toisons de différentes races, a trouvé:

Allemande de Haidschnucke.	7 % de suint.
Southdown-franconien . . .	11 —
Southdown-mérinos.	19,6 —
Mérinos.	40,6 —

Il est clair, d'après cela, que la proportion du suint est en raison de la finesse de la laine ou de ce qu'on appelle le tassé de la toison. Sa quantité relative n'est pas la même pour toutes les parties du corps. Des recherches instituées à Tharand ont donné sur 100 parties de laine complétement sèche:

	Mérinos.	Southdown mérinos.	Southdown franconien.
Côté du corps. . .	40,1	28,9	12,6
Epaule.	32,6	17,2	10,1
Cuisse.	39,8	17,5	?
Ventre.	41,6	25,8	5,9
Base de la queue.	42,4	24,4	13,2

Le point de fusion, qui peut donner une idée assez exacte des propriétés les plus importantes communiquées à la laine par le suint qui l'imprègne, a été, dans ces mêmes recherches, de 39° C. pour le mérinos, de 40°5 pour le southdown-mérinos et de 42°5 pour le southdown-franconien. Sa composition variable explique ces différences. On y a constaté en général de la stéarine, de la palmitine, de l'oléine, des phosphates et des chlorures alcalins. Les deux premiers glycérides sont peu fluides; l'oléine l'est au contraire beaucoup. Les savons, qui résultent de la combinaison des acides gras solides avec les alcalis de la sueur, sont difficilement solubles dans l'eau, tandis que ceux des acides gras fluides se dissolvant sans difficulté. Quelques-uns des premiers acides ne sont même pas saponifiables, d'après Chevreul; ce qui influe sur le lavage des laines dans l'eau froide.

Du reste, les défauts du suint, qui caractérisent en réalité les principaux défauts de la laine, se réduisent à quatre catégories.

Il y a trop peu de suint, et alors la laine a un aspect mat, un toucher rude, et elle se casse plus ou moins facilement.

Il y a trop de suint ou surabondance, et en ce cas la laine est couverte d'une couche plus ou moins épaisse qui s'agglomère à la surface de la toison. Si le suint est facilement soluble, il est en général rougeâtre et les mèches comme les brins glissent aisément entre les doigts, parce qu'ils sont en quelque sorte huileux; s'il est au contraire peu soluble, il poisse aux doigts et se montre en général d'une couleur orangée.

L'exagération de ce dernier état, qui caractérise le suint rude, a pour effet de rendre adhérents entre eux les brins de laine. C'est le plus grave de tous les défauts de la toison.

Enfin on appelle suint vert celui qui se rapproche des propriétés de la cire.

On admet comme ayant de l'influence sur la quantité et sur la qualité du suint: 1° le sexe; 2° la place du corps; 3° la race; 4° l'individualité; 5° l'âge; 6° l'alimentation; 7° la nature du sol sur lequel vit l'animal; 8° enfin le mode d'exploitation à la bergerie ou au pâturage.

Toutefois, il faut reconnaître comme le fait dominant que la quantité et la qualité absolues de la laine dépendent moins de l'alimentation que des méthodes de reproduction, ainsi que nous l'avons déjà dit. C'est donc surtout la sélection des reproducteurs qui peut améliorer les toisons et par conséquent la production de la laine.

Le poids relatif de la toison, à égalité de surface de la peau et de diamètre des brins, est toujours plus élevé chez les sujets précoces bien nourris que chez les individus ordinaires de la même race. C'est ce que nous avons constamment trouvé dans nos *Recherches* citées plus haut. L'augmentation de poids n'est point due à la plus forte densité du suint ni à sa plus grande abondance. Elle tient uniquement à une plus forte quantité de substance laineuse, dépendant de la plus grande longueur des brins. Nous avons mesuré des laines de mérinos précoces longues de 135 à 140 millimètres, tandis que celles des mérinos de Rambouillet n'ont pas dépassé 100 millimètres. Pourtant le diamètre des premières s'est montré constamment plus faible que celui des secondes.

Les notions sommairement exposées sur l'histologie et la physiologie des poils permettent de comprendre sans peine comment il en est ainsi. Le diamètre du brin de laine et la qualité du suint qui l'imprègne dépendent uniquement de la constitution même du follicule laineux et de celle de la glande grasse. La gaîne du brin est invariable. L'activité de formation des cellules épidermiques élaborées au fond du follicule est, au contraire, dépendante de la quantité des matières protéiques fournies au sang par la digestion. Plus il y a de jeunes cellules élaborées à la racine de brin, plus il se forme de

substance laineuse et plus il en passe, en un temps donné, dans la gaîne; plus le brin, par conséquent, devient long.

La valeur des toisons produites par les mérinos précoces, par exemple, à la fois producteurs de viande dans les meilleures conditions et producteurs de laine incomparables, n'est pas seulement augmentée en raison de leur poids plus élevé, d'environ 1 kilogramme par toison, à taille égale des sujets. Les laines à brins plus longs, telles qu'elles sont produites par ces mérinos, obtiennent dans le commerce actuel une plus value qui va par fois jusqu'à 50 centimes par kilogramme. Elles sont d'autant plus demandées que s'élève davantage l'emploi des laines courtes coloniales, parce que, dans le tissage mécanique, elles servent pour la confection des chaînes les plus résistantes, en leur qualité de laines fines à peigne.

Les conditions agricoles de la France assurent à notre pays presque le monopole de la production de ces laines longues de mérinos. Dans la région située au-dessus de la Loire où la race mérine peut vivre et prospérer, c'est-à-dire à l'ouest et au nord jusqu'aux limites du climat océanien, à l'est jusqu'à celles de la Lorraine et des Vosges, sur tous les fonds perméables, il n'y a donc rien de mieux à faire que d'exploiter cette race en traitant ses variétés à la manière que nous avons indiquée pour la production perfectionnée du jeune bétail. A un certain degré d'humidité du sol et de l'atmosphère, on n'y peut point songer. Les mérinos succombent là tôt ou tard à la cachexie aqueuse dite vulgairement pourriture. La production de la laine y devient un accessoire beaucoup moins important. C'est la place des moutons principalement producteurs de viande.

Dans la région des mérinos transhumants, en Roussillon, en Languedoc, en Provence, où il n'est guère permis de songer à l'entretien des mérinos précoces, la production de la laine peut néanmoins être combinée avec celle de la viande, par le mode d'exploitation des troupeaux dont nous avons parlé en commençant. La difficulté est de leur assurer une alimentation régulièrement suffisante, en hiver comme en été, de façon à ce que les brins de la laine, présentant dans toute leur étendue une constitution homogène, offrent partout la même résistance à la traction, aient ce que l'on nomme en terme technique du *nerf*. Cette homogénéité du brin, qui caractérise les *laines* dites *nerveuses* et qui est, à finesse égale, leur principale qualité pour les manufacturiers, dépend entièrement, ainsi qu'on le comprendra bien maintenant, de l'état physiologique du mouton, de la vigueur de sa constitution, par conséquent surtout de son régime alimentaire. Qu'il reçoive seulement la ration d'entretien ou qu'il soit nourri de façon à ce que son poids vif, indépendamment de la toison, augmente, ce qui importe, c'est la régularité uniforme des rations journalières. Le diamètre du brin ne peut pas dépasser celui de la gaîne du follicule, mais il peut rester en deçà; la densité de la substance laineuse, et par conséquent sa ténacité, peut surtout diminuer sous l'influence d'une alimentation trop parcimonieuse ou dépassant la relation nutritive convenable.

Il nous reste à examiner un point très-important pour la production de la laine. C'est celui de la tonte des toisons, non pas au point de vue des procédés à préférer pour l'exécuter, ce qui est une question de métier, mais à celui du moment ou des moments où elle doit être opérée, afin d'obtenir le plus de produit possible.

L'opinion de Koelliker est que, s'il est vrai que chaque brin de laine atteint une longueur normale, il est vrai aussi que la tonte favorise sa croissance et augmente en conséquence sa longueur. D'après cette opinion, on augmenterait donc la production totale de la laine par des tontes plus fréquentes. Mais W. von Nathusius ne la partage en aucune façon.

NUTRITION DES ANIMAUX.

Pourtant Waldorff a rapporté, en 1866, que, dans le Tyrol, la double tonte annuelle produit environ 1,500 grammes de laine, tandis que l'unique n'en produit environ que 1,250. D'après Rohde, dans les six premiers mois qui suivent la tonte, la laine atteint presque les deux tiers de la longueur qu'elle aura à la fin de l'année. Chez un mouton où elle avait, après un an, 2 pouces de long et où elle ne fut point tondue durant les deux années suivantes, elle ne mesurait après les trois ans écoulés, que 3 pouces seulement.

A tout cela Nathusius oppose le résultat d'une expérience qui paraît très-significative. La toison d'un bélier mérinos fut soigneusement entourée d'une enveloppe de toile cousue, pendant 5 à 6 ans, et par conséquent non tondue. Cela se passait à Lützschena. La tonte eut lieu en 1844, et Nathusius possède un échantillon de la toison pris alors à l'épaule. Cet échantillon est long d'environ 7 pouces allemands. C'est donc une croissance annuelle de 1,2 à 1,4 pouce, qui est exactement celle qu'on obtient par la tonte annuelle du troupeau, dont la laine extra-fine est très-courte.

Il y a, selon toute apparence, illusion de la part de ceux qui croient que les tontes fréquentes augmentent la quantité de substance laineuse que le mouton peut donner en un temps déterminé. L'influence de la saison, agissant par la qualité de la nourriture, dans les observations empiriques de Waldorff et de Rohde, est vraisemblablement plus réelle que celle de la tonte même. Mais une considération d'un autre ordre enlève à la discussion des opinions contradictoires toute sa valeur. Il importe moins d'obtenir un poids un peu plus fort de substance laineuse, en tout cas, que des brins de laine d'une certaine longueur, qui est celle à laquelle le commerce accorde, poids pour poids, une plus value, ainsi qu'on l'a déjà vu. Cette longueur est celle que donne, chez les variétés de moutons que nous exploitons, la tonte annuelle. C'est donc celle-ci qui est vraiment pratique.

Elle doit être opérée au moment où la toison commence à devenir pénible à supporter pour le sujet, en raison de l'élévation de la température. Le mieux serait de ne l'exécuter jamais qu'après un lavage à l'eau de la toison, et de ne mettre celle-ci en vente qu'après avoir fait soi-même le triage de ses parties de qualité inférieure, dites bas-morceaux. Les acheteurs exagèrent toujours, à leur profit, la déduction de ces bas-morceaux.

Production de la force motrice.

La force mécanique, dans les moteurs animés, est le résultat de la contraction musculaire. C'est par le raccourcissement de ses fibres constituantes que le muscle déploie la force qu'il a emmagasinée et que se produit le travail ou déplacement de masse. Pour bien déterminer les conditions du phénomène, nous devons donc d'abord prendre une idée du mécanisme même de la contraction.

Aeby a vu le premier qu'elle est due à une série de renflements ou ondulations, qui se produisent dans la fibre musculaire en augmentant son volume. Matteucci d'abord, puis tous les physiologistes après lui, ont constaté que le volume total du muscle en état de contraction est plus grand que dans l'état de relâchement. Marey a établi, en outre, que les renflements se succèdent plus ou moins rapidement le long de la fibre, et que la puissance du muscle, à volume égal, dépend surtout du nombre des ondulations qui la parcourent en un temps donné. Plus sont grands le nombre des fibres composantes d'un muscle et la longueur de ces fibres, en d'autres termes plus le volume total du muscle est considérable, plus ce muscle est puissant, l'énergie nerveuse qui commande et régularise la rapidité des ondulations restant égale.

NUTRITION DES ANIMAUX.

Les physiologistes sont d'accord pour admettre que la puissance absolue du muscle est proportionnelle à son plus grand diamètre. Il se contracte sous l'influence de l'excitation du système nerveux, mais en vertu d'une excitabilité propre qui peut être mise en jeu par une irritation physique quelconque. Tant qu'il n'a pas subi le refroidissement au delà d'un certain degré, un muscle séparé du corps et n'ayant plus avec les centres nerveux aucune communication, n'en conserve pas moins son excitabilité. Il suffit de le piquer, de le pincer ou de l'exciter par l'électricité induite, pour le faire entrer en contraction et déployer ainsi toute sa puissance mécanique. Cela démontre nettement que cette puisance est en lui-même, que la force dont elle dépend y est accumulée.

Un autre fait expérimental établit qu'elle diminue et s'épuise avant que le muscle ait radicalement perdu son excitabilité.

Après un certain nombre de contractions, répétées sous l'influence de l'excitation électrique, le muscle séparé du corps cesse d'obéir à cette excitation. Si l'on a eu le soin de conserver l'artère du muscle, il suffit d'y faire passer un courant d'eau faiblement salée pour voir se rétablir bientôt l'excitabilité disparue, qui se manifeste ensuite tant que la rigidité cadavérique n'est pas arrivée.

En analysant le phénomène, on constate que l'eau alcaline a entraîné les produits de réduction des matières protéiques, dont nous avons parlé en nous occupant de la nutrition en général, la créatine, la créatinine, etc., qui, en s'accumulant dans le tissu musculaire, l'encombrent et mettent obstacle à sa fonction, en produisant cet état qui nous est connu sous le nom de fatigue du muscle.

Ce résultat, constaté expérimentalement par J. Ranke, nous donne la représentation de ce qui existe normalement; car il n'y a au fond aucune différence entre le courant d'eau salée qui déblaye ainsi les voies de la fibre musculaire séparée du corps, et le courant sanguin qui traverse sans cesse le muscle occupant sa situation normale. Ce courant entraîne peu à peu, à mesure que les contractions les produisent, les matières usées encombrantes, pour qu'elles soient éliminées par les reins. Le repos favorise l'effet et le rend plus prompt, parce qu'alors il ne s'en produit plus de nouvelles.

Dans les conditions normales, ou lorsque les contractions ne dépassent point, par leur répétition, la capacité du courant sanguin pour éliminer les résidus de ces contractions, la fatigue ne peut donc se manifester qu'à dater du moment où la provision de force est épuisée. Son épuisement dépend beaucoup du mode de dépense, qui dépend lui-même de l'aptitude de l'organisme consommateur de force mécanique ou producteur de travail.

On a compris déjà que cette force vient de l'extérieur. Avant de nous occuper de sa source, il convient donc d'examiner rapidement les principaux modes de l'aptitude en question, ou de donner un aperçu des principales conditions du mécanisme des moteurs animés.

Ce mécanisme a pour objet de mouvoir dans le plan vertical une série de leviers articulés, formant des lignes brisées, par conséquent d'ouvrir et de fermer alternativement des angles. De la coordination des mouvements simultanés ou successifs de ces leviers résulte le déplacement du moteur lui-même, dans le sens horizontal en avant et en arrière, à droite et à gauche, dans le sens vertical de bas en haut. Cela donne la marche en avant aux diverses allures régulières du *pas*, du *trot* et du *galop*, le *reculer* ou le *recul*, le *saut*, le *cabrer*, le *bond*, etc., que le moteur exécute librement ou en entraînant avec lui une charge quelconque, c'est-à-dire en produisant un certain *travail extérieur* ou *travail effectif utile*.

Les leviers de l'organisme animal sont représentés par les os du squelette. En vue du travail extérieur ou utile qui nous intéresse seul ici, nous n'avons à considérer que ceux des membres, qui sont des os longs de figures variées, plus ou moins courbes, mais pouvant être toujours ramenées à la droite unissant les points centraux de leurs articulations. Cette droite est l'axe de mouvement de chacun d'eux. Cet axe fictif oscille dans l'espace, à la manière du pendule, dans leurs mouvements complets.

La coordination entière des mouvements d'ensemble de cet organisme mécanique, entraînant son plus grand effet utile possible, résulte d'une condition déterminée unique, facile à représenter par un procédé graphique qui dispense d'une longue dissertation. Elle est parfaite lorsque tous les axes des os ou leviers des membres, obliques dans le même sens, sont parallèles entre eux. Alors, les angles qui se forment au point d'intersection des lignes de prolongement des axes obliques en sens inverse sont nécessairement similaires. Les oscillations de ces axes sont nécessairement isochrones, les angles ouverts ou fermés de la même quantité, et leurs extrémités mobiles parcourent nécessairement des aires égales dans des temps égaux.

Il y a là deux lois naturelles, que nous avons nommées *loi de parallélisme des axes* et *loi de similitude des angles*.

De ces deux lois, l'une est absolue. C'est celle de parallélisme. En dehors de cette loi, il n'y a point dans l'organisme animal de mouvements coordonnés de déplacement du corps. Alors une partie de la force déployée est dépensée en pure perte. L'autre loi, dans son expression générale, ne l'est pas moins; mais tout en restant similaires, les angles peuvent être de plus ou moins de degrés. La détermination du nombre de ces degrés est relative au mode d'emploi de la force déployée pour mouvoir les leviers parallèles. Selon qu'il s'agit de la dépenser en déplacement de masse ou en vitesse, le travail produit en somme restant le même, le degré d'ouverture des angles est plus ou moins favorable au résultat considéré.

Pour une dépense égale de force, quand il y a lieu de fermer un angle, le but sera d'autant plus rapidement atteint que, dans son état primitif, cet angle aura été moins ouvert. L'angle obtus, s'il n'exerce aucune influence absolue sur la puissance du mouvement résultant uniquement de la force déployée, est par conséquent défavorable à la vitesse de ce mouvement. Le plus favorable à celle-ci serait le plus aigu; mais on observe que dans les conditions normales de l'organisme animal, il n'y a point, dans les lignes brisées du squelette des membres, d'angles aigus. Le minimum du degré d'ouverture est celui de l'angle droit, qui peut être en conséquence admis comme représentant la perfection. Celle-ci est réalisée dès lors que les axes obliques et parallèles entre eux sont inclinés exactement de 45 degrés sur l'horizon.

La figure 5 représente la construction graphique de cette condition de perfection dans la disposition des leviers osseux, la plus favorable à la fois à la rapidité des allures, à la puissance des mouvements et à leur élégance. Elle fournit un point de comparaison précis et certain pour l'appréciation de la conformation des moteurs animés, en ce qui concerne l'effet utile de la force qu'ils sont capables de déployer et dont nous nous occuperons tout à l'heure. Auparavant nous avons encore à signaler une autre considération mécanique.

Si la rapidité des mouvements dépend du degré d'ouverture des angles que forment entre eux les leviers osseux des membres, leur étendue ou le chemin parcouru dans l'unité de temps, la vitesse en un mot, dépend de la longueur de ces leviers. Il n'est sans doute pas nécessaire d'insister sur une telle proposition. D'un autre côté, la puissance absolue du muscle est en raison de son

NUTRITION DES ANIMAUX.

volume total. Les rapports de ses dimensions sont indifférents pour la force qu'il est capable de déployer, mais non pour le mode et l'étendue du mouvement, pour le genre du travail qu'il peut produire. Le raccourcissement qui se produit dans le muscle contracté est proportionnel à sa longueur initiale. Pour la vitesse, la lon-

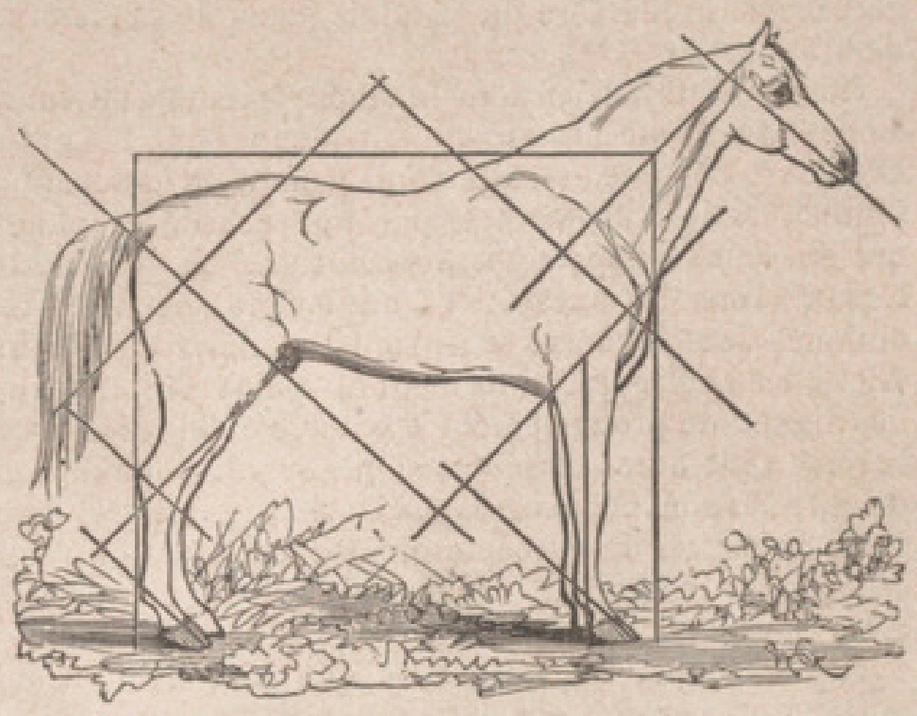


Fig. 5. — Graphique des leviers osseux des membres du cheval.

gueur des muscles importe donc plus que leur diamètre transversal. Or, cette longueur est généralement en raison de celle des leviers osseux sur lesquels ils sont appliqués.

Pour exécuter un travail aux allures vives, il faut donc préférer les leviers osseux allongés, c'est-à-dire les individus de taille élevée, mais d'ailleurs bien proportionnés. Il va sans dire que la perfection à cet égard est réalisée lorsqu'à une grande longueur des muscles se joint un fort diamètre, qui en augmente le volume total et la puissance absolue.

Pour le travail aux allures lentes, dans lequel il s'agit plus de la masse ou du poids déplacé que de la vitesse du déplacement, le travail étant moins fonction du temps que de cette masse, le diamètre des muscles importe plus que leur longueur. La force déployée résulte du nombre des fibres musculaires qui se contractent. Leurs contractions, qui raccourcissent peu le muscle, déploient des forces partielles qui s'additionnent lentement, mais n'en sont pas moins, en somme, toujours définitivement proportionnelles au volume absolu du muscle.

C'est pourquoi l'expérience et l'observation sont d'accord pour démontrer que la force de traction déployée par un moteur animé est en raison de sa propre masse, parce que celle-ci dépend, pour la plus forte part, du volume et de la densité de ses muscles. Il est entendu que nous supposons égale, dans tous les cas, l'énergie nerveuse. Les puissances motrices relatives pourraient donc être en général représentées par les poids vifs des moteurs; et c'est en effet ce qu'il y a de plus pratique pour en donner une idée aussi approximative que possible.

Voyons maintenant où est la source de la force motrice de l'organisme animal. Nous sommes arrivés au cœur même de notre sujet, et nous allons y faire l'application des notions générales développées précédemment.

On sait que cette force est de la chaleur transformée et que celle-ci provient des aliments. Elle se dégage par les mutations que subissent, dans la nutrition, les principes immédiats alimentaires. Nous avons vu que la source prochaine la plus probable de la force motrice est la chaleur dégagée par les principes azotés ou protéiques, celle qui résulte de la réduction des hydrates de carbone étant surtout employée pour l'entretien de la température animale. Cette notion a une grande importance, parce qu'elle détermine la constitution qui convient le mieux pour les rations alimentaires propres à la production de la force mécanique.

Le muscle qui travaille peut être comparé au ressort bandé qui se détend. La chaleur de constitution qui s'y accumule y emmagasine de la force vive. Tant que dure la provision, il conserve la faculté de se contracter en la dépensant, ou de produire du travail en quantité absolument équivalente du nombre des calories qu'il a absorbées. Il fonctionne comme tournent les rouages d'un mouvement d'horlogerie. Le ressort détendu, la provision de calories épuisée, ce ressort doit être remonté par un apport nouveau de chaleur. Il y a donc un rapport nécessaire d'équivalence entre le travail produit et évalué en kilogrammètres, et l'alimentation qui est la source médiate de cette chaleur. La force se dépense en quelque sorte à la manière d'un fluide qui sortirait du vase qui le contient, par un robinet dont le débit est ici réglé et régularisé par l'influence nerveuse commandant les excitations motrices. Le réservoir est alimenté par la nutrition.

Un fait très-significatif à cet égard, c'est que toute dépense ou tout écoulement de force est nécessairement accompagné d'une perte de substance ou de poids. Théoriquement, cela ne peut laisser aucun doute. Des expériences directes de Rueff l'ont démontré d'une façon péremptoire, et cela est capital pour l'hygiène des moteurs animés. Ceux-ci périclitent à coup sûr, ils perdent non-seulement leur aptitude mécanique, mais encore les conditions de conservation de leur propre existence, s'il n'y a pas équilibre constant ou équivalence entre la dépense et la réparation. Chez les chevaux, le trouble fonctionnel se manifeste particulièrement, en ce cas, sous la forme de cette affection terrible connue sous le nom de morve, ainsi que H. Bouley, par une heureuse inspiration de son tact de praticien observateur, l'a induit naguère des faits qui s'étaient en grand nombre produits sous ses yeux.

Pour résoudre le problème complexe posé par le fait dont il s'agit, il importe donc, avant tout, de calculer la force dépensée dans les diverses conditions du travail. Il faut, par conséquent, exposer ici les données fondamentales du calcul.

Il est admis, dit Rueff, que la force à dos d'un moteur animé est de $^2/_3$ de son poids vif. Le poids de l'homme étant en moyenne de 60 kilogrammes, sa force serait donc environ de 25 kilogrammes. D'après le même calcul, le cheval de 400 kilogrammes aurait une force de $2 \times 80 = 160$ kilogrammes. Seulement, l'effort peut élever l'aptitude instantanée au point que la force atteigne jusqu'au poids total de l'individu.

Dans la comparaison, le cheval a un désavantage par rapport à l'homme, à cause de la situation horizontale de sa tige vertébrale et des lignes brisées que forment ses membres. Il en résulte que, si l'homme peut porter jusqu'à trois fois son poids, le cheval arrive moins facilement au double du sien propre. De là se déduisent les conditions du calcul de l'aptitude au travail en vitesse ou en transport de masse.

Pour chaque distance de 30 centimètres (1 pied allemand) parcourue en une seconde de temps, l'homme perd $^1/_5$ de son aptitude à porter, ou 5 kilogrammes d'après les données précédentes; ou encore cette distance parcourue consomme $^2/_{25}$ du poids total du corps. On ne compte pour le cheval que $^1/_{20}$ ou 20 kilogrammes de dépense de force parce que le quadrupède est organisé pour la vitesse plus favorablement que le bipède. On a, sur ces bases, des rapports déterminés entre la vitesse et la charge, pour une même dépense de force. Ces rapports sont exprimés par les nombres suivants, que nous avons réduits, comme les précédents, en mesures et poids métriques.

Pour l'homme :

Vitesse par seconde.	Charge.
0m,00	25 kil.
0 ,30	20
0 ,60	15
0 ,90	10
1 ,20	5
1 ,50	0

Autrement, pour calculer l'aptitude nécessaire, dans la pratique, à un homme devant dépenser en moyenne 12k,500 avec une vitesse de 0m,75 et étant plus propre à la charge qu'à la vitesse, on aura plutôt $3 \times 12^k,500 = 37^k,500$, que 12k,500 avec une vitesse de 2m,25.

Pour le cheval :

Vitesse par seconde.	Charge.
0m,00	160 kil.
0 ,60	120
1 ,20	80
1 ,80	40
2 ,40	0

Ce qui montre qu'avec une charge de 80 kilogrammes et une vitesse de 1m,20, le cheval ne dépense que sa force moyenne. On peut toutefois élever plutôt sa vitesse que sa charge. Il portera plus facilement 80 kilogrammes à $3 \times 1^m,20 = 3^m,60$ de vitesse, que $3 \times 80^k = 240$ kilogrammes à 1m,20. En calculant, d'après ces données, les transformations, nous obtenons pour les allures ordinaires l'échelle suivante :

ALLURE.	VITESSE PAR SECONDE.	FORCE DÉPENSÉE.
	m.	kil.
Pas.	1,20	80
Trot moyen.	2,40	160
Grand trot.	3,60	240
Galop modéré. . . .	4,80	320
Galop de chasse. . .	6,60	400
Galop de carrière. .	7,20	480

Le travail modéré du cheval est par conséquent celui qui s'exécute à la vitesse de 2m,40 ou au trot moyen.

Si maintenant on veut déterminer les conditions de surcharge ou celles qui dépassent l'aptitude d'un cheval du poids de 400 kilogrammes, en faisant entrer dans le calcul les gradations précédentes, on arrivera à l'établissement de cette autre échelle qui, pour la bonne exploitation des moteurs animés, a une très-grande importance :

ALLURE.	DÉPENSE DE FORCE UTILE.	QUALITÉ DU TRAVAIL.
	kil.	
Pas..	80	Normal.
Pas..	160	Intensif.
Pas..	240	Excessif.
Trot moyen.. . .	0	Normal.
Trot moyen.. . .	80	Intensif.
Trot moyen.. . .	160	Excessif.
Galop modéré.. .	80	2 fois 1/2 le normal.
Galop de chasse..	80	3 fois le normal.
Galop de carrière.	80	Ruineux.

Le dernier travail correspond à $3 \times 160 = 480$ kilogrammes, pour le cheval galopant sans charge.

L'effort moyen dont est capable un cheval adulte suffisamment nourri peut durer en moyenne 8 heures par jour. Cela revient à dire que celui de 400 kilogrammes pris pour type dans les calculs précédents peut travailler au pas, à une vitesse moyenne de 1m,20, avec une charge de 80 kilogrammes durant 8 heures par jour, sans dépasser son aptitude mécanique. Cette durée moyenne peut être dépassée, mais à la condition que la charge et la vitesse restent invariables. Pour environ 20 kilogrammes de charge ou 0m,30 de vitesse au-dessus des quantités ci-dessus, la durée du travail doit être diminuée de 25 p. 100.

La force de traction du cheval s'élève aux 4/5 de son aptitude ou à 80 p. 100, ou en poids à 128 kilogrammes d'après les données précédentes. Elle peut s'élever au-dessus de trois fois bien mieux que chez l'homme, contrairement à ce que nous avons vu pour la charge, soit à 384 kilogrammes. Mais dans ce cas la vitesse est plus influencée ; de telle sorte qu'on doit admettre 5 p. 100 du poids du corps comme équivalents de 0m,30 d'espace parcouru ou de 20 kilogrammes de charge. Youatt, qui estime à 62,500 grammes seulement la force du cheval, établit entre la durée du travail et la vitesse possible, sans dépasser l'aptitude, les relations suivantes :

Durée du travail en heures.	Chemin à parcourir par heure en milles anglais.
1	14 3/4
2	10 1/2
3	8 1/2
4	7 1/3
5	6 2/3
6	6
7	5 1/2
8	5 1/4
9	4 3/4
10	4

En prenant pour termes de la relation, d'une part la vitesse, et de l'autre la force de traction, Rueff a de son côté donné les nombres ci-dessous :

Vitesse.	Force de traction.
0m,60	80 kil.
0 ,90	60
1 ,20	45
1 ,50	30
1 ,80	20
2 ,10	12

Nous avons maintenant à fournir des données comparatives sur l'aptitude mécanique des principaux moteurs animés et sur le rapport qui doit exister entre leur dépense de force et leur alimentation ou l'entretien de cette force.

La difficulté principale d'un tel problème est dans l'évaluation du travail interne et externe par le calcul. Les moteurs animés ne se prêtent pas, dans l'état actuel de la science, aux applications directes de la thermodynamique, comme les machines à vapeur. Nous n'avons point encore de procédés sûrs pour évaluer exactement la chaleur dégagée dans l'organisme animal. Nous en sommes à cet égard réduits, ainsi que nous l'avons déjà dit, aux hypothèses plus ou moins vraisemblables. Quant à l'évaluation du travail extérieur ou travail utile, les essais dynamométriques dont nous possédons les résultats laissent encore beaucoup à désirer, pour la raison qu'ils n'ont porté que sur une faible partie des modes d'application usuels de la force de traction. Exposons toutefois nos connaissances actuelles.

Voici d'abord ce qui concerne les aptitudes comparatives du cheval et du bœuf, qui sont les deux principaux moteurs animés.

Selon E. Wolff, le cheval qui n'exécute aucun travail utile s'entretient avec 900 grammes d'albuminates, tandis que, d'après Grouven, 1615 grammes lui sont nécessaires pour un travail pénible. C'est une différence de 715 grammes. Pour le bœuf, dans les mêmes conditions, la différence est évaluée par E. Wolff à 500 gram-

mes seulement (450 : 950). Le rapport entre les deux est par conséquent comme $1 : \frac{715}{500} = 1 : 1{,}4$.

Selon Gohren, l'aptitude mécanique du bœuf est évaluée à 1,352,156 kilogrammètres; celle du cheval, à 2,168,470 kilogrammètres. Le rapport entre les deux est comme $1 : \frac{2{,}168{,}470}{1{,}352{,}166} = 1 : 1{,}6$.

Entre ces deux rapports (1 : 1,4 et 1 : 1,6) la concordance est tout à fait satisfaisante. On voit clairement par là que l'aptitude mécanique s'élève en proportion des éléments nutritifs azotés contenus dans la ration.

Il n'en est point de même si, au lieu de ces derniers, on considère les éléments non azotés. En effet, chez le cheval, la différence pour ceux-ci est de 3875 grammes (4350 · 8225), pour le bœuf elle est de 1600 grammes (3600 : 5200). Le rapport entre le cheval et le bœuf est par conséquent comme $1 : \frac{3875}{1600} = 1 : 2{,}42$, tandis que celui de l'aptitude est 1 : 1,6. Cela suffirait pour conclure qu'il n'y a point de relation, dans l'organisme animal, entre la combustion des hydrates de carbone et la production de la force motrice, contrairement à ce qui se passe dans la machine à vapeur.

Il est nonobstant curieux d'examiner, comme l'a fait Gohren, quels seraient les rendements comparatifs des moteurs animés dont nous nous occupons, dans l'hypothèse où cette combustion la produirait. Une machine à vapeur de la force d'un cheval consomme, dit-il, par heure 3 kilogrammes de charbon (ce qui est évidemment exagéré dans l'état actuel de la construction) ou 72 kilogrammes par jour, et produit avec cela 6,912,000 kilogrammètres. En admettant le nombre 425 comme équivalent mécanique de la calorie, et la quantité de chaleur fournie par l'unité en poids de charbon égale à 8080 calories, le travail total des 72 kilogrammes de charbon atteint 247,248,000 kilogrammètres. L'effet utile réel est d'après cela seulement de 2,8 % de la force mécanique produite par la combustion du charbon. Pour obtenir cette quantité de travail fourni par une machine de la force d'un cheval-vapeur, ou de 75 kilogrammètres, trois chevaux ordinaires sont nécessaires, car chacun d'eux ne peut travailler que durant 8 heures par jour.

Pour développer une telle aptitude, la nourriture d'entretien, nécessaire au travail intérieur, devra être augmentée, ainsi que nous l'avons vu plus haut, de 715 grammes de protéine, contenant 53,5 % de carbone, et de 3875 grammes de principes immédiats non azotés, contenant 44,44 % de ce même carbone, ou en tout de 6,315 grammes de carbone (3 × 2,105). C'est une quantité 11,4 fois plus faible que celle exigée pour la machine à vapeur. L'effet utile réel serait donc, d'après cela, chez le cheval, égal à 31,92 % de la force motrice déployée par l'oxydation du carbone contenu dans les aliments.

En vertu de la relation établie entre la puissance mécanique du cheval et celle du bœuf (1 : 1,6), 4,8 forces de bœuf seraient nécessaires pour rendre le travail d'une machine de la force d'un cheval-vapeur. La ration de travail étant en ce cas de 500 grammes de protéine et de 1,600 grammes d'éléments non azotés, la totalité du carbone pour 4,8 forces de bœuf atteindra seulement 1,700 grammes, quantité 15,3 fois plus faible, par conséquent, que dans le cas de la machine à vapeur. L'effet utile serait ici de 42,84 %.

Nous ne pouvons nous dispenser de faire remarquer que, dans cette hypothèse, on raisonne comme si la quantité totale du carbone contenu dans les aliments passait entièrement dans le sang en circulation et pouvait en conséquence s'y combiner avec l'oxygène. Or on sait qu'il n'en est point ainsi. Pour se fixer à cet égard, il suffit de se reporter aux coefficients de digestibilité que nous avons donnés au sujet des divers principes immédiats nutritifs, selon les matières alimentaires dont ils font partie. En moyenne, il n'y a pas plus de 50 % de ces principes immédiats qui soient digérés. Il faudrait donc, de ce chef, doubler les chiffres de rendement qui viennent d'être calculés, ce qui ne paraît guère admissible.

C'est peut-être la plus forte raison que l'on puisse faire valoir en faveur de l'opinion à laquelle nous nous sommes rattachés, au sujet de la source de la force motrice dans l'économie animale, et contre celle soutenue par Frankland et d'autres, consistant à admettre un rapport entre cette force et la chaleur de combustion des diverses matières alimentaires.

D'ailleurs, que la force musculaire dérive de la combustion directe ou de la chaleur dégagée par les réactions dont nous avons essayé d'indiquer les séries, dans notre exposé des phénomènes de nutrition en général, il n'est pas possible de douter qu'une relation nécessaire existe entre cette chaleur et la force déployée. Pas plus que les autres les moteurs animés ne peuvent point échapper à la loi. Par conséquent, entre le travail produit et les aliments qui entretiennent la source de la force motrice, il y a nécessairement une équivalence calculable.

Cette équivalence, nous avons essayé de la calculer, en prenant pour base les résultats fournis par une expérience longue et étendue, et en considérant, d'après la théorie suffisamment solide de l'alimentation, que la protéine alimentaire peut fournir l'un des termes de la relation.

En effet, on doit entendre par cette expression de protéine alimentaire, non pas seulement le groupe des matières azotées albuminoïdes, mais encore celui des hydrates de carbone qui, dans une ration scientifiquement constituée, les accompagne toujours selon une proportion déterminée qui, pour le cas dont il s'agit ici, est comme 5 : 1. Prendre pour unité alimentaire le kilogramme, par exemple, de protéine, c'est donc implicitement admettre les 5 kilogrammes du mélange de matières grasses et d'hydrates de carbone qui en sont inséparables.

Eh bien, dans la détermination du coefficient ou équivalent mécanique des aliments, nous nous sommes arrêtés, comme résultant de nos recherches expérimentales, au nombre rond de 1,600,000 kilogrammètres pour 1 kilogramme de protéine alimentaire. Pourvu que soient respectées ou observées les conditions précédemment indiquées pour l'application utile de la force qu'il déploie, un moteur animé peut produire sans dépasser son aptitude mécanique, autant de fois 1,600,000 kilogrammètres qu'il y a de kilogrammes de protéine alimentaire dans la ration qu'il est capable de digérer; inversement la protéine alimentaire de sa ration peut être économisée en prenant pour base de calcul le travail exigé de lui en deçà de son aptitude, qui a été fixée plus haut en moyenne à environ 2,000,000 kilogrammètres.

S'il y a lieu de calculer, pour un travail connu, la quantité de protéine alimentaire de la ration suffisante, en représentant par P cette protéine, par T le travail et par C le coefficient, l'équation $P = \frac{T}{C}$, une fois résolue, donnera le résultat. Dans le cas du travail exigible pour une ration connue, l'équation sera $T = P \times C$.

Supposons que le travail à produire ait été évalué, par exemple, à 1,200,000 de kilogrammètres.

$$P = \frac{1{,}200{,}000\ T}{1{,}600{,}000\ C} = 750.$$

C'est donc 750 grammes de protéine alimentaire qui seront suffisants pour déployer la force dépensée par ce

travail. Dans l'autre sens, si le moteur est capable de digérer 3 kilogrammes de protéine,

$$T = 1{,}600{,}000\ C \times 3\ P = 4{,}800{,}000.$$

D'où 4,800,000 kilogrammètres sont la somme de travail qui peut être exigée de lui sans dépasser son aptitude.

La difficulté d'application d'une telle notion théorique, dont l'importance et la grande utilité pratique ne sauraient être contestées justement, et ont été du reste déjà l'objet d'appréciations compétentes qui permettent de n'en point douter, est dans l'insuffisance des ressources actuelles de la science pour évaluer le travail dans toutes les conditions possibles.

Les tables de la composition chimique des substances alimentaires ne laissent que peu ou point à désirer. Mais il n'est pas possible, présentement, de calculer sans essais directs tous les cas d'application de la force des moteurs animés.

Le travail qu'ils exécutent est fonction à la fois de l'effort qu'il exige, ou du tirage, qui est fonction lui-même de beaucoup de circonstances, telles que la forme du véhicule supportant la charge, la résistance de la voie, etc., toutes difficiles à apprécier en général, et du temps durant lequel cet effort se répète; mais cela ne concerne que le travail utile ou effectif. Ces moteurs ont en outre, du moins les animaux, à se transporter eux-mêmes, comme la locomotive.

Si leur mode de déplacement, ainsi qu'il en est pour celle-ci, ne différait point de celui du véhicule de leur charge, le travail qui en résulte s'évaluerait toujours par les mêmes procédés. Mais il n'en est point de même: ils ne roulent ni ne glissent. La locomotion animale, dont nous avons essayé brièvement de donner une idée, est plus complexe.

Evidemment, le travail qu'elle exige est aussi fonction du poids du moteur; mais on ne peut pas admettre que la force dépensée soit égale à toutes les allures. Au pas, par exemple, une partie du poids est toujours supportée par deux au moins de ses colonnes de soutien.

Après beaucoup de recherches, nous nous sommes arrêté à une approximation qui ne doit pas s'éloigner beaucoup de la vérité et qui consiste à admettre que l'effort moyen exigé pour le transport du moteur animé est égal, dans le cas des allures du trot et du galop, au dixième de son poids. Nous ne pouvons pas entrer ici dans le détail des considérations de mécanique animale qui nous y ont conduit. On voudra bien accepter provisoirement cette donnée, que l'expérience comparative a d'ailleurs confirmée toutes les fois qu'elle a été soumise à son contrôle. Pour l'allure du pas, l'effort est moitié moindre.

Quant au tirage des voitures en fonctions de leur mode de construction, du nombre de leurs roues, de la longueur du rayon de celles-ci, de l'espèce de voie sur laquelle a lieu leur roulage, on trouvera dans l'*Aide-mémoire de mécanique* du général Morin des résultats d'expériences pour les principaux cas qui se présentent dans la pratique. Ce sont ces résultats qui nous ont servi dans nos recherches sur la détermination du coefficient mécanique des aliments. On y trouvera aussi des tableaux indiquant la quantité de travail que peuvent fournir les animaux ou leur aptitude mécanique, suivant les divers modes d'emploi de leur force aux principales allures, attelés à la voiture ou au manége, et des résultats d'observations sur leur effet utile quand ils sont employés au transport horizontal des fardeaux.

Pour ce qui est du transport à dos de ces fardeaux, qu'il s'agisse d'une masse inerte ou d'un cavalier, ou des deux à la fois, il va sans dire que ces fardeaux s'ajoutent purement et simplement au propre poids du moteur.

Sur le tirage des instruments agricoles, notre collègue

NUTRITION DES ANIMAUX.

Grandvoinnet, de l'École de Grignon, a fourni dans le 13e volume des rapports de l'Exposition universelle de 1867, à Paris, des indications pour le travail des charrues, résultant des essais dynamométriques exécutés par lui dans l'île de Billancourt. On a eu depuis quelques résultats du même genre pour les faucheuses et les moissonneuses; mais tous ces résultats ont besoin encore d'être beaucoup multipliés.

L'essentiel toutefois est de posséder les méthodes d'évaluation, maintenant que nous connaissons l'équivalent ou coefficient pratique de ce que nous nommons l'aliment de force. Avec cela nous sommes à peu près assurés de pouvoir résoudre, en y mettant quelque soin, tous les problèmes que pose l'emploi industriel ou agricole des moteurs animés, de manière à ne pas dépasser leur aptitude mécanique, à ne pas les surcharger ou les surmener, et à utiliser au contraire leur force dans les meilleures conditions de conservation de leur organisme et d'économie de leurs aliments.

Une question très-importante, au double point de vue qui vient d'être énoncé, est celle de savoir quelle est, parmi les substances alimentaires dont nous disposons, celle qui convient le mieux pour la production de la force mécanique, dans les diverses conditions où elle est utilisée.

Nous avons vu, en thèse générale, que la ration de travail est particulièrement riche en protéine alimentaire et que pour la réaliser sans lui faire acquérir un volume qui dépasserait, en ce qui concerne le cheval, la capacité de l'estomac, il faut nécessairement y faire entrer ce qu'on appelle un aliment concentré, c'est-à-dire présentant, sous un petit volume, une forte proportion de protéine. C'est ce qui se trouve réalisé particulièrement dans les semences céréales.

Pour les bœufs, la difficulté n'existe pas. Les ruminants, qui travaillent d'ailleurs à une allure lente, ont une capacité gastrique permettant d'y faire entrer en un jour, sous une forme quelconque, la quantité de protéine alimentaire en rapport avec leur aptitude mécanique. Il y a en outre, pour ceux-ci, toujours avantage économique à rester, dans le travail qu'on en exige, de beaucoup en dessous de leur aptitude. Dans l'agriculture, bien qu'ils soient sous tous les rapports d'excellents producteurs de la force motrice nécessaire à l'exploitation du sol, leur fonction prédominante est la création du capital par l'accroissement de leur poids vif.

Ce n'est pas là, comme dans l'industrie des transports ou dans l'industrie manufacturière, le moteur le plus apte qui est nécessairement le plus économique ou le plus avantageux. Le prix de revient de la force n'y est pas en raison de la quantité de travail produite individuellement, mais bien en raison de la quantité des autres produits obtenus en même temps. Nous avons posé depuis longtemps à cet égard un principe qui n'a pas pu être contesté justement et que nous considérons comme fondamental en zootechnie : savoir que l'exploitation agricole doit obtenir gratuitement la force motrice dont elle a besoin pour la culture du sol. Il suffit, pour résoudre le problème, de demander cette force aux animaux en période de croissance. Par la plus-value qu'ils acquièrent et par les engrais qu'ils fournissent, ces animaux compensent au moins la valeur commerciale de leurs consommations et celle de leurs frais d'entretien.

Les animaux d'espèce bovine ne sont point les seuls qui, exploités selon les bonnes méthodes zootechniques, puissent ainsi produire gratuitement la force motrice; mais ils le peuvent plus facilement et plus généralement que les chevaux, à cause surtout de leurs fonctions économiques multiples et de la considération relative à leur alimentation, dont il vient d'être parlé. Le cheval est exclusivement moteur et il a plus souvent à

produire son travail en mode de vitesse, durant un temps court, qu'en mode de lourde charge, durant un temps plus long. Pour dépenser ainsi rapidement la force dont il dispose, sous le commandement de son système nerveux, comme nous l'avons vu, il lui faut de l'énergie plutôt que de la ténacité; ses efforts musculaires ont besoin d'être plus répétés que soutenus, indépendamment des autres considérations mécaniques relatives aux dispositions de son organisme, sur lesquelles nous nous sommes arrêtés précédemment. Pour que la source de cette énergie ne soit point bientôt tarie, il lui faut un stimulant ou un excitant.

L'observation démontre que dans notre climat tempéré cet excitant se trouve dans l'avoine, qui est, pour ce motif, l'aliment de force par excellence, l'aliment indispensable des chevaux qui travaillent aux allures vives, des moteurs de grande vitesse. On a bien souvent essayé de substituer, en vue de réaliser une économie, dans la ration de ces moteurs une autre semence quelconque à celle de l'avoine, à titre d'aliment concentré et par voie d'équivalence nutritive fondée soit sur la richesse en azote, soit sur la richesse en matières grasses.

C'est surtout eu égard à ce dernier genre d'équivalence que Magne, en ces derniers temps, a beaucoup insisté sur la possibilité et les avantages attribués aux substitutions dont il s'agit. L'expérience, toutes les fois qu'elle a été bien faite, s'est toujours prononcée défavorablement. Pour les chevaux qui travaillent au pas, qui dépensent la force dont ils disposent en une journée de huit à dix heures, il n'y a pas d'inconvénient sensible à ce que la protéine alimentaire équivalente des kilogrammètres qu'ils produisent ait une origine quelconque. Pour ceux au contraire qui ont à dépenser cette force en une durée de quatre heures, au maximum, à la protéine doit être jointe nécessairement le principe immédiat encore mal déterminé qui se rencontre dans l'avoine et qui est l'excitant obligatoire du système nerveux.

La dose ou la mesure indispensable de cet excitant n'est pas encore fixée d'une manière précise. C'est un problème qui sera étudié et résolu, nous l'espérons du moins. Des essais empiriques permettent d'admettre, quant à présent, qu'elle n'atteint pas la quantité totale du principe immédiat inconnu qui se trouve dans la proportion d'avoine nécessaire pour compléter la ration de travail d'après les bases que nous avons posées. Ces essais ont montré qu'il était possible de remplacer, dans la ration de vitesse, environ 20 à 25 % de l'avoine par d'autres semences équivalentes en protéine, sans que l'énergie soit sensiblement diminuée. Mais, nous le répétons, elle a constamment été amoindrie ou supprimée, chaque fois que la substitution a été complète. Les chevaux trotteurs nourris sans avoine sont toujours devenus mous, faibles, mauvais travailleurs, peu aptes au service auparavant exigé et facilement obtenu d'eux, et ils ont succombé en plus ou moins grand nombre et plus ou moins promptement à la morve qui est le signe d'épuisement constitutionnel le moins douteux.

On a souvent tiré argument, contre ce fait incontestable, de ce qui se passe dans les pays chauds, et notamment en Algérie, où les chevaux nourris d'orge conservent leur énergie. Il en est de même dans l'Amérique méridionale pour les chevaux nourris de maïs. Cela prouve seulement que sous l'influence d'une température constamment élevée, l'énergie n'a pas besoin de stimulant. En effet, les chevaux algériens introduits en France perdent leur vigueur quand ils y consomment de l'orge comme dans leur pays natal. Il leur faut de l'avoine pour la recouvrer. Les chevaux français introduits en Algérie sont trop excités par l'avoine. L'orge y entretient suffisamment leur énergie propre et assure leur pleine aptitude. On ne peut donc point, dans

la discussion du sujet, laisser de côté l'influence du climat.

Il n'est pas difficile, en vérité, de se rendre compte de ces différences, en songeant aux conditions de production de la force mécanique ou motrice exposées ici. Nous nous bornerons donc à les constater, convaincu que nous avons maintenant rassemblé, sur les divers points de notre sujet, les principales notions utiles pour la pratique de la nutrition des animaux.

Mais il ne sera peut-être pas inutile, pour rendre encore plus facilement saisissable l'application pratique du théorème nouveau de mécanique animale que nous considérons comme étant d'une importance capitale pour la bonne exploitation économique des chevaux ou pour la conservation de leur santé, d'ajouter ici un exemple de cette application.

Prenons le cas le plus simple, celui dans lequel la ration alimentaire du cheval doit être constituée à l'aide des deux aliments les plus communément employés, du foin de pré et de l'avoine. Celle-ci fournit l'aliment concentré ou aliment de force; le foin donne à la fois l'aliment d'entretien et le lest ou ballast. On sait, en effet, que sous un volume considérable, dû à la forte proportion des fibres grossières ou ligneuses qui entrent dans sa constitution, il contient en même temps tous les principes immédiats nutritifs indispensables pour renouveler les éléments anatomiques des tissus et des humeurs, et cela dans la relation expérimentalement démontrée comme la plus favorable pour porter au maximum de digestibilité, chez les animaux adultes, ces mêmes principes immédiats. La relation nutritive du bon foin est, en effet, $= 1 : 5$.

Or, la ration d'entretien devant être calculée à raison de 1 % de matière sèche, relativement au poids vif du cheval à nourrir, et le foin contenant en moyenne 15 % d'eau, c'est donc, pour un cheval de 500 kilogrammes, $5{,}000 + 150 \times 5 = 5{,}750$ grammes de foin qui devront former cette ration journalière d'entretien, c'est-à-dire celle qui est nécessaire pour conserver intact l'organisme ne fonctionnant que pour ses besoins propres, sans perdre ni gagner du poids, pour compenser seulement la dépense de chaleur occasionnée par le travail interne et les pertes dues au rayonnement.

Il s'agit maintenant de déterminer en valeur d'avoine le complément qui devra être ajouté à la ration d'entretien, à raison de 1,000 grammes de protéine alimentaire pour 1,600,000 kilogrammètres de travail exigé. Afin de résoudre un tel problème à l'aide de la formule que nous avons donnée précédemment, il suffit d'introduire dans cette formule la valeur centésimale connue de l'avoine en protéine alimentaire.

Cette valeur, donnée par les tables de composition chimique des aliments, est de 12 pour 100 en moyenne, ou 120 pour 1,000, c'est-à-dire que 1 kilogramme d'avoine contient 120 grammes de protéine.

D'où l'équation suivante, en supposant qu'il y ait lieu de calculer une ration suffisant à 1,600,000 kilogrammètres de travail :

$$\frac{P}{120} = \frac{1{,}600{,}000\ T}{1{,}600\ C} = \frac{1{,}000}{120} = 8{,}333.$$

C'est donc 8 kilogrammes 333 grammes d'avoine qui devront compléter la ration journalière du cheval, dont on exigera la somme de travail évaluée, parce que la quantité de chaleur dégagée dans son économie par une telle ration d'avoine peut seule rendre le travail utile que nous avons supposé. La ration hygiénique sera donc, en définitive, composée dans ce cas de 7 kilogrammes 750 grammes de foin et de 8 kilogrammes 333 grammes d'avoine, dont 20 à 25 pour 100 pourront être, sans inconvénient, remplacés par leur équivalent de feverolles, d'orge, de maïs, etc.

ANDRÉ SANSON.

NUTRITION DES VÉGÉTAUX. Une graine, un tubercule placés dans le sol dans des conditions convenables d'aération et d'humidité, se développe. La plante s'accroît en puisant ses aliments dans l'air et dans le sol, et, après un temps plus ou moins long, elle élabore des produits qui constituent la matière première de l'alimentation des hommes, ou qui modifiés par l'industrie servent à le vêtir ou à l'abriter. L'art agricole, l'art de pousser au maximum la production des matières végétales utilisables, repose sur la connaissance des besoins des plantes, de leur mode d'alimentation, des conditions dans lesquelles elles doivent être placées non-seulement pour se développer normalement, mais encore, nous le répétons, pour produire la plus grande somme possible des principes immédiats qu'on en veut extraire.

Ainsi, un habile cultivateur de betteraves qui est en même temps, ainsi qu'il arrive souvent, fabricant de sucre ou distillateur, ne devra pas se contenter d'obtenir 50 ou 60,000 kilos de racines à l'hectare, il faudra encore, pour assurer la réussite de sa spéculation, que ces betteraves renferment un maximum de matière sucrée; qu'elles accusent à l'analyse de 11 à 12 pour 100 de sucre. Or c'est seulement par une connaissance approfondie des phénomènes physiologiques qu'une question semblable touchera à sa solution, dont nous sommes encore singulièrement éloignés.

Ces considérations nous indiquent déjà quelle est la marche que nous devons suivre dans notre exposé. Nous passerons successivement en revue les fonctions capitales des végétaux, et nous examinerons à propos de chacune d'elles les pratiques agricoles qui s'y rattachent, en ayant sans cesse devant les yeux l'application des actions physiologiques que nous nous efforcerons de présenter clairement au lecteur, à l'art agricole.

Nous traiterons ainsi successivement:

De la germination.

De l'assimilation:

1° Du carbone et de l'hydrogène;

2° De l'azote;

3° Des matières minérales.

De la formation des principes immédiats.

De la migration des principes immédiats dans les vegétaux et de la maturation des graines et des fruits.

CHAPITRE PREMIER.

DE LA GERMINATION.

La graine ou le tubercule renferment tous les éléments nécessaires à la production des organes d'une plante nouvelle, mais pour que ces éléments éprouvent les modifications favorables à leur évolution, la première condition indispensable est que la graine soit vivante; des graines trop âgées, trop complétement desséchées et qui au premier abord ne semblent présenter aucune altération, peuvent être cependant complétement incapables d'accomplir les évolutions chimiques qui précèdent l'apparition des premiers phénomènes de la germination. Si la graine est vivante, il faut encore, pour qu'elle puisse germer, qu'elle soit placée dans certaines conditions favorables, que nous allons examiner.

§ I.—*Influence de l'humidité, de la lumière et de la chaleur sur la germination.*

L'humidité est absolument indispensable à la germination; des graines sèches peuvent être conservées longtemps sans altération. Habituellement les cultivateurs placent tout simplement à la partie supérieure des maisons les graines qu'il faut conserver pendant la mauvaise saison; les silos, les cylindres métalliques ou en poterie, dans lesquels on conserve les graines, ont aussi bien pour effet de les soustraire à l'action de l'humidité, qu'à celle des rongeurs. Pour que la graine confiée à la terre germe, il faut que celle-ci soit suffisamment humide; quand la terre ne contient plus que des quantités d'eau très-faibles, la germination est très-irrégulière. A Grignon, en 1870, les betteraves ont manqué dans le champ d'expérience, dont la terre, jusqu'à 15 ou 20 centimètres de profondeur, ne renfermait que 5 millièmes d'eau. C'est pour empêcher les graines de se dessécher à l'air que les cultivateurs soigneux roulent leurs champs après les semailles, de façon à durcir la couche superficielle et à retarder ainsi la dessiccation.

Les graines simplement exposées à l'air germent si la terre sur laquelle repose les grains est humide, les cultivateurs négligents qui laissent leur récolte sur le sol pendant des années pluvieuses, au lieu de les disposer en moyettes, supportent, par suite de cette germination, des pertes sérieuses; l'orge, le blé laissent apparaître autour des épis de longs germes blancs qui diminuent singulièrement la valeur des grains.

On a cru, au siècle dernier, d'après des expériences de Sennebier et d'Ingen-Housz, que la lumière était défavorable à la germination, mais, en réalité, il ne paraît pas qu'il en soit ainsi. En effet, Th. de Saussure (*Recherches chimiques sur la végétation*, p. 23) a reconnu que des graines placées les unes dans des vases opaques, les autres dans des verres transparents, mais garanties de la lumière directe du soleil, ont germé en même temps; et il est probable que c'est surtout par la dessiccation qu'ils opèrent, que les rayons solaires sont nuisibles à la germination. Nous avons eu occasion de constater bien des fois, dans le laboratoire, la germination des grains à la lumière dans des vases fermés où la dessiccation était difficile ou impossible, de telle sorte qu'il est parfaitement certain que l'obscurité n'est pas indispensable à la germination, mais il faut reconnaître, d'autre part, qu'elle n'est pas nuisible; les grains germent parfaitement dans l'obscurité, et c'est généralement dans des caves que les brasseurs préparent le malt, c'est-à-dire l'orge germée employée à la fabrication de la bière.

Soumises à un froid rigoureux, les graines ne germent pas; mais la température nécessaire pour que la vie s'éveille varie singulièrement avec les espèces: pour le blé d'hiver, l'orge et le seigle de 7 à 5° centigrades; le trèfle, la luzerne, le radis, le choux germent sensiblement au-dessous de 5°. M. Sachs a observé pour les limites supérieures de température les nombres suivants: le maïs, le *cucurbita pepo* germèrent en quarante-huit heures, la température moyenne du sol étant de + 42° C, mais présentant, pendant quelques heures, un maximum de 46°,2 C; du blé germa par une température moyenne de 38,2°, maximum 43° C; l'orge supporta une température maxima de 36-37° C, et des pois germèrent encore à 38°,2 C avec un maximum momentané de 42°,5 C.

MM. Edwards et Colin (Influence de la température sur la germination, dans les *Ann. des Sciences nat.*, 2e série, t. I) ont cherché à déterminer les températures et les différentes conditions de sécheresse ou d'humidité qui détruisent dans les graines les facultés germinatrices. Ils ont trouvé: pour le séjour dans l'eau, 50 degrés; dans la vapeur d'eau, 62 degrés; dans l'air sec, 75 degrés. Ces résultats supposent que les graines n'ont pas été soumises à ces températures pendant plus d'un quart d'heure.

§ II. — *L'oxygène est nécessaire à la germination.*

Il suffit de placer des graines humides dans du gaz azote, de l'hydrogène, de l'acide carbonique, pour se convaincre que l'oxygène est nécessaire à la germination; dans tous ces gaz la graine humide périt rapidement. Toutefois les phénomènes sont très-différents, suivant que l'on mélange l'un ou l'autre de ces gaz avec l'oxygène; ainsi, tandis qu'une très-faible quantité d'oxygène

mélangé à de l'azote ou à de l'hydrogène suffit pour déterminer les premiers phénomènes précurseurs de la germination, l'acide carbonique exerce une action retardatrice des plus curieuses. Ce fait n'avait pas échappé à la sagacité de Th. de Saussure, mais nous avons eu occasion de le préciser dans un travail encore inédit que M. Landrin et moi terminons au moment où j'écris au laboratoire de *Culture* du Muséum d'Histoire naturelle. Nous avons reconnu que dans un mélange de 94,6 d'azote et de 4,2 d'oxygène, il y avait un commencement de germination; que lorsque les proportions devenaient 8,9 d'oxygène et 80,1 d'azote, la germination a lieu d'une façon régulière. Il en est de même quand on emploie un mélange de 17,9 d'oxygène et de 72,6 d'hydrogène, tandis que dans un mélange très-riche en oxygène, mais renfermant de l'acide carbonique la germination n'a pas lieu; c'est ainsi que des graines de lin ont pourri sans germer, dans une atmosphère renferment 66,4 d'oxygène et seulement 25,1 d'acide carbonique.

Le chlore paraît, au contraire, d'après les observations de M. de Humboldt, avoir une influence favorable. Ce savant a pu faire germer des graines de cresson alenois, en six fois moins de temps qu'elles n'en mettent dans les circonstances ordinaires, en les trempant dans l'eau chlorée. De vieilles graines, dont on n'avait pu amener d'aucune manière la germination, en manifestèrent tous les phénomènes après être restées pendant vingt-quatre heures dans l'eau de chlore. Cette action curieuse du chlore sur les graines a, du reste, été peu étudiée jusqu'ici, quoique plusieurs observateurs, et notamment Th. de Saussure, en aient fait usage avec succès pour amener la vie à se manifester dans des embryons inertes. Peut-être le chlore en décomposant l'eau pour s'emparer de l'hydrogène met-il en liberté de l'oxygène, dont l'action comburante sur les principes immédiats de la graine est favorisée par la chaleur dégagée au moment de l'union du chlore et de l'hydrogène; cette chaleur dégagée serait suffisante pour déterminer le commencement des phénomènes de combustion qui accompagnent toutes les germinations.

§ III. — *Influence de la germination sur l'atmosphère ambiante.*

Quand on maintient des graines suffisamment humides dans une cloche retournée sur le mercure, on observe d'abord que le volume du gaz contenu dans la cloche diminue. Si on fait l'analyse du gaz restant, on y trouve déjà, après trois ou quatre jours, quelques millièmes d'acide carbonique mélangés à l'azote et à l'oxygène; mais on remarque que celui-ci a été absorbé en bien plus grande proportion que celui-là.

Le premier effet qu'exerce la graine humide sur l'atmosphère ambiante est donc de condenser une certaine quantité de gaz, et on s'en assure, non-seulement par la diminution de volume observée dans les conditions précédentes, mais encore par le dosage total de l'azote contenu dans les graines, qu'on trouve très-habituellement supérieur à celui qu'accuse le procédé par la chaux sodée, qui ne donne que l'azote combiné. — L'excès d'azote libre, qu'on trouve très-souvent dans les graines, est dû précisément à cette condensation de gaz qui se produit au moment où l'enveloppe se ramollit sous l'influence de l'humidité; si l'humidité persiste, l'arrivée du gaz se continue et la germination s'effectue; si, au contraire, les graines sont soumises après cette première action de l'humidité à la dessiccation, l'enveloppe durcit, et le gaz azote qui a pénétré reste enfermé dans la graine.

Cette condensation des gaz dans la graine humide est analogue à celle qu'on observe dans les laboratoires, quand on place un charbon fraîchement éteint dans de l'acide chlorhydrique ou du gaz ammoniac; comme

NUTRITION DES VÉGÉTAUX.

celle-ci, elle a lieu avec absorption de chaleur, et par suite provoque un commencement d'oxydation que serait incapable de produire de l'oxygène à la température ordinaire.

Cet effet de condensation des gaz dans la graine est particulièrement sensible dans une atmosphère très-oxygénée, le gaz acide carbonique dégagé est loin habituellement de représenter l'oxygène absorbé; c'est ainsi que dans une expérience sur le cresson alenois, commencée le 18 juillet 1873 et terminée le 22, qui n'a duré par conséquent que quatre jours, on avait mis les graines dans 74,7 d'oxygène, et on a trouvé à la fin de l'expérience:

Oxygène.	28,8
Acide carbonique.	25,9
	54,7

c'est-à-dire que 20 centimètres de gaz avaient disparu.

Ces condensations de gaz pendant la germination sont fréquentes quand les quantités d'oxygène employées sont considérables; elles se produisent même dans l'air ordinaire, quand on opère dans une atmosphère limitée, et qu'on met fin rapidement à l'expérience avant que tout le gaz oxygène contenu dans l'atmosphère confinée ait disparu.

Ainsi, le premier phénomène qui détermine le commencement de la germination et qui, jusqu'à présent, avait échappé aux observateurs, est une condensation du gaz par les tissus de la graine; le testa, ramolli par l'eau, se laisse traverser par les gaz ambiants, l'oxygène pénètre remplaçant les gaz contenus dans la graine, et sous l'influence de la chaleur dégagée par la condensation des gaz atmosphériques commence le phénomène d'oxydation qui accompagne la modification des principes immédiats, et la formation des principes nouveaux nécessaires à la constitution des jeunes organes.

Tant qu'il reste de l'oxygène dans l'atmosphère ambiante, le seul gaz qui apparaît est de l'acide carbonique, mais son volume, qui est d'abord plus petit que le volume de l'oxygène disparu, devient bientôt égal, puis le surpasse, et il semble que pendant quelques jours la graine continue à vivre en émettant de l'acide carbonique, dont elle emprunte les deux éléments à ses propres tissus. Quand cependant tout l'oxygène a disparu, et il est remarquable que les graines finissent par enlever jusqu'à la dernière trace d'oxygène contenu dans l'atmosphère où elles germent, on voit apparaître de l'hydrogène et des hydrogènes carbonés qui sont les indices d'une décomposition plus ou moins avancée; mais il faut reconnaître avec Th. de Saussure, et contrairement à ce qu'ont avancé plus récemment quelques physiologistes, que l'hydrogène n'est pas un produit normal de la germination, mais bien, au contraire, de la décomposition.

Des faits précédents, il ressort que si les graines se trouvent placées dans une atmosphère dépouillée d'oxygène elles ne tardent pas à se décomposer et on voit combien il est important qu'elles soient déposées dans un sol assez meuble pour que l'oxygène y pénètre; si elles séjournaient dans un sol où l'eau fût stagnante, celle-ci arriverait encore facilement à se désoxygéner et la germination serait compromise; un sol meuble, perméable aux gaz et aux liquides, telle est donc la condition favorable à la germination; quand le sol est battu par des pluies violentes à l'automne, la germination est parfois compromise, si on ne donne pas un coup de herse pour déchirer la couche superficielle qui est devenue imperméable.

§ IV. — *Des changements de poids que subissent les graines pendant la germination.*

On vient de voir que pendant la germination la graine laisse dégager de l'acide carbonique dont elle fournit au moins un des éléments; elle perd également une cer-

taine quantité d'eau combinée, de telle sorte qu'elle perd constamment de son poids.

Pour bien apprécier ce changement, il faut opérer sur des graines ou de jeunes plantes absolument dépouillées l'une et l'autre de l'eau qui les imprègne et ne fait pas partie intégrante des principes immédiats; c'est ainsi que M. Boussingault a trouvé, après une égale dessiccation à 110°, que des pois pesant 2 gr. 237 avant la germination donnaient des jeunes plantes ne pesant plus que 1 gr. 076; c'est-à-dire que pendant la germination, il y avait eu une perte de 1 gr. 161; des graines de froment, pesant 1 gr. 665, ont perdu pendant la germination 0 gr. 952, les jeunes plantes encore jaunes, puisqu'elles n'avaient pas été exposées à l'action de la lumière, ne pesaient plus que 0 gr. 952; enfin on trouve des différences analogues pour le maïs géant dont le poids passe de 0 gr. 529 à 0 gr. 290, avec une perte de 0 gr. 239; dans une expérience sur les haricots, les graines pesaient 0 gr. 926, les plantes 0 gr. 566, et la perte était de 0 gr. 360.

En soumettant à l'analyse élémentaire des lots de graines semblables à ceux qui avaient servi à la germination, puis les plantes elles-mêmes provenant des graines germées, on constate que la perte porte sur du carbone, sur de l'oxygène et de l'hydrogène qui sont à peu près dans les proportions de l'eau, tandis que l'azote paraît être en quantité égale dans les graines et dans les jeunes plantes.

§ V. — *Des modifications que subissent les principes immédiats pendant la germination.*

Pendant la germination les principes insolubles contenus dans les graines deviennent solubles en se modifiant plus ou moins profondément; ils atteignent ainsi les points où apparaissent les jeunes organes auxquels ils fournissent les matériaux nécessaires à la constitution des tissus dans lesquels s'accomplissent les phénomènes réguliers d'assimilation.

Chacun sait, par exemple, que les grains d'orge employés à la fabrication de la bière ne renferment plus guère d'amidon lorsqu'ils ont germé, mais bien du glucose et de la dextrine, et que c'est au moment où cette transformation s'est effectuée qu'il faut arrêter la germination; sans cela le glucose et la dextrine nouvellement formés s'organisent en cellulose insoluble, ce qui occasionne une perte sensible.

C'est sous l'influence d'un principe azoté particulier, la diastase, découvert par Payen et Persoz, que s'effectue la transformation de l'amidon en dextrine et glucose. D'après ces auteurs, une partie de diastase suffit à modifier plus de 2,000 parties d'amidon. On a cru pendant longtemps que l'amidon donnait d'abord de la dextrine, puis ensuite du glucose; mais, d'après les travaux récents de M. Musculus, l'amidon donnerait de la dextrine et du glucose simultanément, et l'on pourrait représenter cette transformation par l'équation suivante:

$$\underbrace{C^{36}\,H^{30}\,O^{30}}_{\text{amidon.}} + 2\,HO = \underbrace{C^{12}\,H^{12}\,O^{12}}_{\text{glucose.}} + \underbrace{C^{24}\,H^{20}\,O^{20}}_{\text{dextrine.}}$$

La première partie du phénomène est donc connue; quant à la cause qui détermine la transformation ultérieure du glucose ou de la dextrine en cellulose, qui forme les jeunes tissus, elle nous échappe encore absolument, et bien que nous soyons à chaque instant témoins de semblables modifications, il nous est impossible aujourd'hui d'en préciser le mécanisme.

En faisant l'analyse immédiate d'une graine de maïs avant la germination, en analysant de même la graine lorsqu'elle a déjà donné des radicelles et des tigelles d'une certaine longueur, M. Boussingauilt a pu déterminer exactement comment s'étaient transformés les principes immédiats pendant que la jeune plante se développait dans l'obscurité; cette dernière condition est indispensable à observer pour que la comparaison soit rigoureuse, car si les jeunes tiges sont exposées à la lumière, elles verdissent, elles élaborent de la matière végétale, et par suite les modifications observées sont dues à deux phénomènes complétement différents.

En examinant ainsi le maïs après la germination, M. Boussingault a reconnu que l'amidon et la matière grasse avaient diminué, tandis que le glucose et la cellulose avaient au contraire sensiblement augmenté; le poids des matières azotées paraît rester le même, mais il est à remarquer que le procédé de dosage employé permet facilement de constater que le poids d'azote combiné contenu dans la graine normale et dans la graine germée est le même, il n'indique pas la modification qui a pu survenir dans la nature de ces principes immédiats, or il n'est pas douteux qu'une partie de l'azote combiné ne fût plus sous forme de matière albuminoïde, mais bien sous celle d'asparagine, puisque dans une expérience portant sur des haricots, M. Boussingault a pu retirer après vingt jours de germination, d'un lot pesant 201 grammes, 5 gr. 40 d'asparagine cristallisée.

Quand on suit pendant un mois la germination des graines oléagineuses, ainsi que l'a fait M. Fleury en prélevant sur les graines en expériences des échantillons à des espaces de temps réguliers de façon à constater les modifications que subissent les principes immédiats à mesure que la germination se prolonge, on reconnaît que la matière grasse va constamment en diminuant, que le sucre augmente d'abord, atteint un maximum, puis que la cellulose qui reste d'abord stationnaire finit par augmenter singulièrement son poids.

Résumé des phénomènes de germination.

En résumé, une graine vivante convenablement humectée et placée dans une atmosphère oxygénée se gonfle, elle émet de l'acide carbonique par suite des phénomènes de combustion qui accompagnent la transformation de l'amidon ou du sucre qu'elle renferme, des matières grasses qu'elle contient en cellulose, tel est le point où la science est arrivée; mais elle est muette encore sur le mécanisme de ces transformations.

CHAPITRE II.

ASSIMILATION DU CARBONE PAR LES VÉGÉTAUX.

Il est facile de faire prospérer une plante dans un sol absolument stérile et en lui fournissant des phosphates et du nitrate de potasse. Si on compare la quantité de carbone contenue dans la plante à la fin de la végétation, à celle qui se trouvait dans la graine dont elle provient, on reconnaît qu'elle a acquis une proportion notable de carbone, qui ne peut provenir que de l'air atmosphérique dans lequel elle a vécu, puisque par hypothèse le sol ne lui a fourni aucun aliment carboné.

L'air, on le sait, renferme toujours en effet une proportion sensible d'acide carbonique, qu'il faut considérer comme la source de tout le carbone qui se trouve dans les êtres organisés; ce n'est pas cependant sans de longues recherches, qu'on est arrivé à élucider la série de métamorphoses que subit le carbone, pour passer à l'état aériforme qu'il affecte dans le gaz carbonique à la forme solide qu'il revêt dans les sucres, les celluloses, les matières grasses, enfin les matières albuminoïdes, et il convient, avant d'exposer le phénomène dans tous ses détails, de rappeler rapidement les travaux des savants qui nous ont permis d'amener nos connaissances sur ce sujet à l'état relativement élevé où elles sont aujourd'hui.

NUTRITION DES VÉGÉTAUX.

§ I. *Expériences de Bonnet, de Priestley d'Ingen Housz, de Senebier, de Th. de Saussure.*

C'est en 1750 que Bonnet, pasteur de Genève, observa pour la première fois que des feuilles placées dans de l'eau de source exposée au soleil se couvraient de petites bulles gazeuses. Bonnet remarqua, en outre, que les feuilles placées dans de l'eau préalablement bouillie n'y déterminaient aucun dégagement de gaz; à cette époque, au reste, les connaissances acquises sur la nature des gaz étaient tellement vagues, que cette découverte devait fatalement rester stérile, et c'est seulement quand Priestley eut appris à les recueillir et à les caractériser, que la découverte de la décomposition de l'acide carbonique par les feuilles put être faite.

Priestley, après s'être occupé des modifications que le séjour des animaux fait subir à une atmosphère limitée, fut en quelque sorte conduit à rechercher l'influence qu'exercent les végétaux sur ces atmosphères viciées.

« J'ai eu le bonheur, dit-il, de trouver par hasard une méthode de rétablir l'air altéré par la combustion des chandelles, et de découvrir au moins une des ressources que la nature emploie à ce grand dessein; c'est la végétation.

« On serait porté à croire que puisque l'air commun est nécessaire à la vie végétale aussi bien qu'à la vie animale, les plantes et les animaux doivent l'affecter de la même manière, et j'avoue que je m'attendais au même effet, la première fois que je mis une tige de menthe dans une jarre de verre renversée sur l'eau. Mais après qu'elle y eut poussé quelques mois, je trouvai que l'air n'éteignait pas la chandelle, et qu'il n'était pas nuisible à une souris que j'y exposai.

« Le 17 août 1771, je mis un pot de menthe dans une quantité d'air où une bougie avait cessé de brûler, et je trouvai que le 27 du même mois une autre bougie pouvait y brûler parfaitement bien. Je répétai cette expérience sans la moindre variation dans le résultat jusqu'à huit ou dix fois pendant le reste de l'été.

« Lorsqu'on expose des jets de menthe dans de l'air corrompu assez fortement par la putréfaction, pour transmettre sa puanteur à travers l'eau, ils meurent aussitôt et les feuilles deviennent noires; mais s'ils ne meurent pas à l'instant, ils y poussent de la manière la plus surprenante. Je n'ai jamais vu dans aucune circonstance la végétation aussi vigoureuse que dans cette espèce d'air qui est si funeste à la vie animale.

« Cette observation me conduit à conclure que les plantes, bien loin d'affecter l'air de la même manière que la respiration animale, produisaient des effets contraires et tendaient à conserver l'atmosphère douce et salubre, lorsqu'elle est devenue nuisible en conséquence de la vie et de la respiration des animaux ou de leur mort et de leur putréfaction.... »

Priestley réussit non-seulement à obtenir avec l'air vicié par la respiration de l'air commun, mais même il put, en plaçant des plantes dans une atmosphère riche en acide carbonique, préparer un gaz renfermant plus d'oxygène que l'air atmosphérique, et capable par suite d'exciter plus vivement la combustion que l'air ordinaire. Toutefois Priestley n'était pas absolument maître de son admirable expérience. On trouve, en effet, dans son ouvrage, « qu'une feuille de chou fraîche, mise pendant une seule nuit sous un vaisseau rempli d'air commun, affecta tellement l'air qu'une chandelle ne put plus y brûler le lendemain matin. Mais cette observation reste isolée et c'est au savant hollandais Ingen Housz, qu'était réservée la gloire de reconnaître que la décomposition de l'acide carbonique par les feuilles n'a lieu que sous l'influence de la lumière solaire.

C'est en 1780 que Ingen Housz établit les propositions suivantes:

1° L'air qui se dégage des feuilles plongées dans l'eau provient de l'intérieur de la plante et il est émis en dehors, en vertu d'un acte vital. (Nous savons aujourd'hui que cette proposition est inexacte et qu'il faut que l'eau soit chargée d'acide carbonique pour que les plantes puissent en dégager un gaz; mais les deux autres propositions sont aussi importantes qu'exactes).

2° L'air dégagé, conformément aux premières observations de Priestley, diffère de l'air commun par l'intensité avec laquelle il fait brûler les corps, et à cause de la forte proportion d'air déphlogistiqué (oxygène) qu'il renferme.

3° L'air déphlogistiqué ne se dégage des feuilles des végétaux, qu'autant que celles-ci sont exposées à recevoir l'influence du soleil.

Nous avons vu que la première proposition d'Ingen Housz est inexacte, et c'est à Senebier qu'on doit d'avoir reconnu la véritable origine de l'oxygène émis par les feuilles, sous l'influence du soleil.

On est forcé de reconnaître, dit-il, que comme l'acide carbonique dissous dans l'eau favorise la végétation et la production du gaz oxygène, qui s'échappe des feuilles au soleil, il faut que l'acide carbonique, dont l'oxygène est un des éléments, soit décomposé au soleil par l'acte de la végétation, pour fournir celui-ci, et que le carbone déposé dans toutes les parties de la plante en provienne.

§ II. *Appareil employé pour observer la décomposition de l'acide carbonique par les feuilles.*

MM. Cloez et Gratiolet ont indiqué, il y a déjà plusieurs années (*Ann. de chimie et de physique*, 3e série, tome XXXII, p. 41), les conditions dans lesquelles il faut se placer pour répéter facilement la belle expérience de la décomposition de l'acide carbonique par les feuilles, sous l'influence du soleil. On remplit un flacon d'un ou deux litres, d'une dissolution légère d'acide carbonique, on y introduit des feuilles ou même des fragments d'une plante marécageuse, telle que le *Potamogeton perfoliatum*, l'*Elodea* ou encore le *Potamogeton Crispus*. On ferme le flacon à l'aide d'un bouchon percé d'un trou où s'engage un tube abducteur et l'on recueille les gaz sur l'eau (fig. 1). Aussitôt que l'appareil est placé au soleil, on voit les feuilles se recouvrir de bulles de gaz et il arrive habituellement que le gaz recueilli, débarrassé à l'aide de la potasse, de l'acide carbonique qui se dégage par suite de l'échauffement du liquide, est assez riche en oxygène pour allumer les allumettes. Ce gaz toutefois n'est jamais complétement exempt d'azote, bien que, d'après les observations de MM. Cloez et Gratiolet, il aille constamment en s'épurant à mesure que l'opération se prolonge plus longtemps. On voit, en effet, dans le travail publié par ces savants, que tandis que le gaz obtenu le premier jour de l'expérience renfermait seulement sur 100 parties 84,30 d'oxygène et 15,70 d'azote,

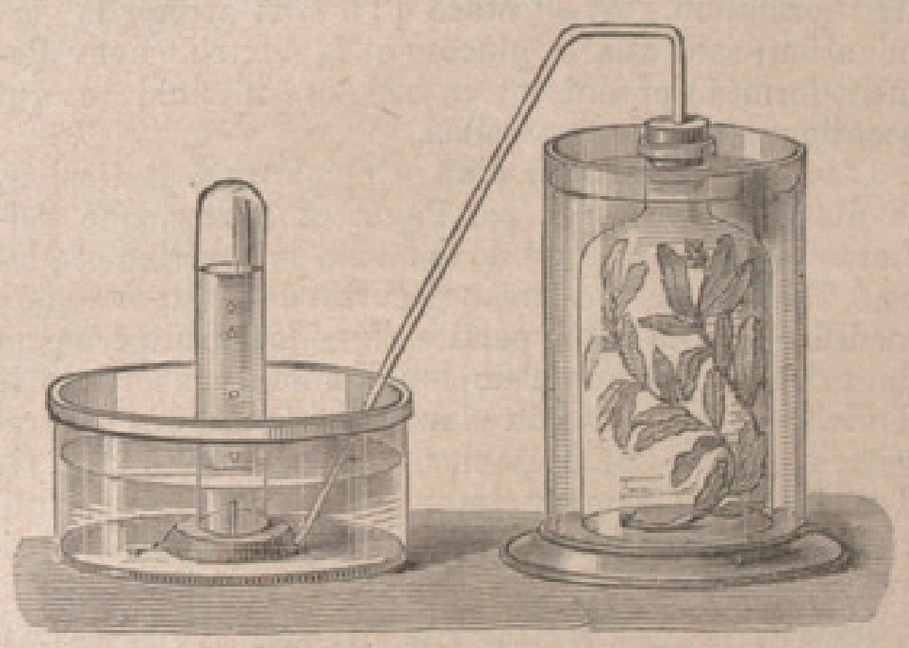


Fig. 1.

le gaz recueilli d'un appareil en expérience depuis huit jours renfermait 97,10 d'oxygène et seulement 2,90 d'azote.

§ III. — *Le volume d'oxygène dégagé par les feuilles est égal au volume d'acide carbonique disparu.*

Si les travaux précédents nous permettent d'esquisser l'ensemble du phénomène, ils laissent encore indécis un grand nombre de points qu'il convient d'étudier les uns après les autres pour connaître dans tous les détails l'action remarquable qu'exercent les feuilles sur l'acide carbonique.

Th. de Saussure le premier esssaya de déterminer exactement le rapport qui existe entre l'oxygène dégagé et l'acide carbonique décomposé; ses expériences le conduisirent à admettre que le volume d'oxygène dégagé n'était jamais aussi considérable que celui de l'acide carbonique disparu; il reconnut en outre que l'oxygène était toujours mêlé d'une certaine quantité d'azote qu'il supposait provenir de la plante elle-même, et la question resta indécise jusqu'aux expériences exécutées par M. Boussingault qui, à l'aide de méthodes précises, arriva à se convaincre que le volume d'oxygène dégagé est sensiblement égal au volume de l'acide carbonique disparu. Or la chimie démontre qu'un volume d'acide carbonique renferme un volume d'oxygène, de telle sorte qu'on peut supposer que dans les feuilles le gaz carbonique est décomposé intégralement en carbone et en oxygène; toutefois on peut opposer à cette hypothèse plusieurs objections sérieuses: en effet, Th. de Saussure a reconnu que l'oxyde de carbone n'est pas décomposé par les feuilles, et M. Boussingault a vérifié ce résultat, de telle sorte qu'il paraît plus naturel d'admettre que l'acide carbonique se décompose en oxyde de carbone et en oxygène; mais comme

1 vol. acide carb. donne ainsi { 1 vol. oxyde de carbone / 1/2 vol. d'oxygène

on voit que pour expliquer l'apparition d'un volume d'oxygène, quand un volume d'acide carbonique disparaît, il faut faire intervenir une autre décomposition; on admet habituellement que la décomposition de l'eau qui gorge les feuilles se produit en même temps que celle de l'acide carbonique, et si on remarque qu'un volume de vapeur d'eau peut donner en se décomposant un volume d'hydrogène et un demi-volume d'oxygène, on aura, pour représenter la décomposition qui a lieu dans les feuilles, le tableau suivant:

1 vol. CO^2 { 1/2 vol. O / 1 vol. CO } 1 vol. H O { 1 vol. H / 1/2 vol. O } CHO isomère de glucose.

dans lequel on voit que les deux demi-volumes d'oxygène font bien un volume égal à celui de l'acide carbonique disparu, dans lequel on voit encore que un volume d'oxyde de carbone rencontrant à l'état naissant un volume d'hydrogène forme avec lui un composé renfermant en équivalents égaux le carbone, l'oxygène et l'hydrogène précisément comme le glucose qu'on trouve dans tous les jeunes organes et qui semble être la première matière qui prend naissance dans les feuilles.

Il est clair que pour que l'hypothèse que nous venons de développer puisse être admise au rang des vérités démontrées, il reste à unir directement dans le laboratoire l'oxyde de carbone à l'hydrogène, et en former une combinaison isomère avec le glucose.

§ IV. — *Influence de la lumière sur la décomposition de l'acide carbonique par les feuilles.*

Nous avons vu plus haut qu'Ingen Housz avait reconnu que c'est seulement sous l'influence de la lumière solaire qu'a lieu la décomposition de l'acide carbonique par les feuilles; toutes les recherches qui ont été faites depuis sont venues confirmer l'exactitude du fait annoncé par le savant Hollandais; quand on dispose l'appareil décrit § II, et qu'on suit le dégagement de gaz qui se produit régulièrement, on constate que l'émission diminue si le soleil est voilé par un nuage, et qu'enfin elle s'arrête absolument dans l'obscurité.

On conçoit qu'il en soit ainsi: l'acide carbonique et l'eau sont deux corps d'une remarquable stabilité, et pour les décomposer il faut faire intervenir une force énergique; on ne réussit dans le laboratoire à obtenir leur décomposition qu'à l'aide d'une température très-élevée, et pour qu'elle se produise dans les feuilles, il faut que le soleil fournisse la quantité de chaleur nécessaire à cette décomposition.

Tous les rayons lumineux ne sont pas au reste également efficaces pour la déterminer; les rayons lés plus éclatants, jaune et rouge, agissent plus énergiquement que les bleus et les violets.

Influence de la chlorophylle. — Pour que l'acide carbonique soit décomposé par une feuille, il faut d'abord que celle-ci soit vivante; des feuilles placées pendant quelques jours dans l'acide carbonique y meurent, et quand elles sont ensuite placées au soleil dans une atmosphère renfermant de l'acide carbonique, elles sont incapables d'en extraire de l'oxygène, elles sont mortes asphyxiées; des feuilles séchées entre des papiers et qui ne paraissent avoir subi d'autre altération que la perte d'eau sont également devenues incapables de décomposer l'acide carbonique.

Il est remarquable enfin que la seule matière capable de déterminer la décomposition de l'acide carbonique soit la chlorophylle, c'est-à-dire la matière verte qu'on extrait des feuilles quand on les traite par l'éther ou l'alcool. On a reconnu que les parties des feuilles qui sont dépouillées de chlorophylle sont complétement incapables de décomposer l'acide carbonique et que si les feuilles teintées de rouge qu'on observe sur certains arbres (hêtre pourpre, etc.) agissent sur l'acide carbonique, c'est qu'elles renferment de la chlorophylle dont la teinte est masquée par une matière colorante rouge qu'il est facile d'isoler à l'aide de réactifs.

Action des deux côtés de la feuille sur l'acide carbonique. — Il est clair que la décomposition de l'acide carbonique se produit dans les cellules à chlorophylle sous l'influence de la lumière, mais il reste un point à élucider: comment l'acide carbonique pénètre-t-il dans les feuilles, c'est là le dernier point qu'il importe d'élucider.

On sait que l'épiderme qui recouvre les feuilles est percé d'un certain nombre de petits orifices qui portent le nom de stomates et qui paraissent destinés à mettre l'intérieur de la feuille en communication avec l'air extérieur, et on pouvait supposer, au premier abord, que l'acide carbonique pénétrait par ces orifices, mais les observations de M. Boussingault ont établi qu'habituellement les deux côtés de la feuille n'exerçaient pas sur l'acide carbonique une action semblable, et que l'endroit couvert d'une épiderme dure, coriace et lisse, agissait avec plus d'efficacité sur l'acide carbonique que l'envers de la feuille dont la surface plus tendre est percée d'un nombre de stomates beaucoup plus grand, de telle sorte qu'il a fallu renoncer à l'idée que l'acide carbonique pénétrait par les stomates. Des expériences récentes dues à M. Barthélemy ont fait voir comment cette pénétration pouvait avoir lieu plus facilement par l'endroit de la feuille que par l'envers; ce savant a rappelé d'abord les beaux travaux de Graham sur la pénétration des gaz au travers de diverses membranes qui démontrent que la vitesse de passage des gaz au travers de membranes colloïdales est très-variable; si nous représentons par 1 la vitesse de passage de l'azote, nous trouvons que celle de l'acide carbonique est 13,5. On sait qu'au contraire les gaz passent au travers de

membranes poreuses avec une vitesse qui diminue à mesure qu'ils sont plus denses. Graham a trouvé que cette vitesse est en raison inverse du carré de la densité. On conçoit donc que l'acide carbonique, dont la densité est considérable (1,529), pénètre moins bien au travers de l'envers de la feuille, surface poreuse percée de stomates, qu'au travers de la cuticule qui couvre l'endroit et que M. Barthélemy considère comme ayant plutôt une structure colloïdale comparable à celle du caoutchouc. On trouverait dans ces considérations ingénieuses l'explication du fait observé par M. Boussingault, à savoir qu'en général l'envers des feuilles dégage moins d'oxygène que l'endroit.

§ V. — *Résumé. — Formation du glucose dans les végétaux.*

Nous avons longuement insisté sur la décomposition de l'acide carbonique par les feuilles, car c'est le phénomène capital de la vie végétale; nous verrons dans les chapitres suivants que très-probablement tous les principes immédiats qui existent dans les plantes dérivent d'une matière première, le glucose qui paraît être le produit qui prend naissance au moment où s'effectue la décomposition de l'acide carbonique, et nous voulons, avant d'aborder une autre question, résumer rapidement les faits établis dans ce chapitre.

L'expérience enseigne qu'il est possible de faire développer une plante dans un sol stérile, simplement amendé avec du nitrate de potasse et du phosphate de chaux, et absolument dépourvu de carbone combiné; il faut donc que ce soit dans l'air que la plante puise le carbone qui fait partie intégrante de toutes les combinaisons organiques.

Cet acide carbonique pénètre par diffusion au travers de l'épiderme de la feuille, là il arrive dans la cellule à chlorophylle où il est décomposé sous l'influence du soleil en oxygène et en oxyde de carbone, en même temps une partie de l'eau qui gorge tous les tissus de la plante se décompose à son tour en hydrogène et en oxygène, et tandis que l'oxygène provenant de cette réduction se dégage mêlé à celui qui provient de l'acide carbonique, et donne ainsi un volume de gaz précisément égal à celui de l'acide carbonique primitif, les deux résidus s'unissent pour donner le glucose; l'équation suivante représente la réaction:

$$12\,CO^2 + 12\,HO = 24\,O + C^{12}H^{12}O^{12}.$$

C'est seulement, ainsi que nous l'avons dit, sous l'influence de la lumière solaire que se produit cette décomposition, qui reste un des faits les plus surprenants que nous offre l'étude des phénomènes végétaux; les deux substances qui pénétrent dans les feuilles et qui s'y décomposent, acide carbonique et eau, sont en effet extrêmement stables, et dans les conditions ordinaires de laboratoire l'action d'une chaleur intense est nécessaire pour les réduire; cependant cette décomposition a lieu dans les feuilles sous la seule influence de la lumière solaire, exerçant là une action toute spéciale et dont nous n'avons aucun autre exemple.

Ainsi, ce problème qui a tant préoccupé les naturalistes n'est pas encore complétement résolu. Nous ignorons comment se décomposent l'acide carbonique et l'eau; nous ignorons encore comment s'unissent l'oxyde de carbone et l'hydrogène; mais si le détail du phénomène nous est encore partiellement caché, la grandeur de l'ensemble est saisissante.

En frappant aujourd'hui les végétaux qui couvrent la surface du globe, les rayons solaires y déterminent la formation des principes immédiats qui sont employés à la nourriture de l'homme et des animaux ou qui fournissent les matières premières de son industrie; agissant autrefois sur les plantes de la période houillère, ils ont pendant des milliers d'années accumulé ces immenses réserves de combustible qui animent nos machines.

NUTRITION DES VÉGÉTAUX.

Depuis qu'il est acquis que le mouvement et le travail ne sont qu'une forme particulière de la chaleur, chacun conçoit que c'est en brûlant dans ses tissus la matière organique formée sous l'influence du soleil que l'animal se meut; que c'est encore en utilisant la chaleur du soleil accumulée dans la houille ou dans le bois que nos machines travaillent, et reconnaît ainsi dans le soleil l'origine de tout le mouvement qui s'exécute sur la terre.

« Ce ne sont pas, disait l'illustre Stephenson en voyant arriver un convoi à toute vitesse, ces puissantes locomotives dirigées par nos habiles mécaniciens, qui font avancer ce train; c'est la lumière du soleil qui, il y a des milliers d'années, a dégagé le carbone de l'acide carbonique pour le fixer dans les plantes qu'une révolution du globe a ensuite amenées à l'état de houille. »

Ce ne sont ni le froment, ni l'avoine, pouvons-nous dire aujourd'hui, qui font mouvoir tous ces êtres qui tourbillonnent autour de nous; c'est la lumière du soleil qui accumule lentement, pour fournir à ce mouvement, la plante immobile; elle absorbe la chaleur et la conserve en réserve pour ces privilégiés de la nature, les êtres animés, qui consomment et dépensent ces forces accumulées. Depuis longtemps on a senti que, sous des formes différentes, la vie avait deux fonctions diverses; on a depuis longtemps écrit qu'elles étaient complémentaires. Cette idée trouve ici un nouveau développement, et nous reconnaissons que l'immobilité de la plante, qui lui permet d'accumuler la chaleur, est nécessaire à la mobilité de l'animal, qui dépense la force ainsi mise en réserve, en transformant cette chaleur en mouvement.

CHAPITRE III.

ASSIMILATION DE L'AZOTE.

§ I. — *Présence des composés azotés dans les végétaux.*

En calcinant certains organes des végétaux, et notamment les graines, on obtient des vapeurs douées de cette odeur nauséabonde qui accompagne la décomposition ignée des matières animales; si la calcination a lieu en présence de la chaux sodée, l'odeur et les réactions caractéristiques de l'ammoniaque apparaissent et ne laissent aucun doute sur la présence de l'azote dans l'organe étudié.

Sous quelle forme cet azote pénètre-t-il dans les plantes? Quelle est son origine? Telles sont les questions que nous allons étudier dans ce chapitre.

Il n'est pas douteux que l'air atmosphérique ne soit le gisement en quelque sorte inépuisable où les végétaux, et par suite les animaux, trouvent l'azote qui entre dans leurs tissus. Un grand nombre de pâturages ne reçoivent jamais aucun engrais, et fournissent cependant une quantité notable de matières azotées qui passent dans les tissus des animaux qui s'y nourrissent ou dans les produits qu'on tire de ces animaux. Les récoltes obtenues d'une terre cultivée renferment habituellement une quantité d'azote supérieure à celle qui existait dans les engrais employés, et c'est encore dans l'atmosphère qu'a dû être pris cet élément.

C'est donc dans l'air que les êtres vivants puisent l'azote qu'ils renferment, mais, avant de pénétrer dans les végétaux, cet azote doit être engagé dans des combinaisons assimilables et nous examinerons successivement l'assimilation de l'azote à l'état de nitrates, à l'état de sels ammoniacaux, à l'état de combinaisons plus complexes dérivant de l'humus, enfin nous rappellerons la discussion qui s'est élevée il y a quelques années au sujet de l'assimilation de l'azote à l'état libre, et nous verrons quelle solution il en faut donner.

NUTRITION DES VÉGÉTAUX.

§ II. — *Assimilation de l'azote à l'état de nitrates.*

Que des nitrates puissent se rencontrer dans les végétaux, c'est là ce qui n'est pas douteux puisqu'il est facile de les y déceler; on trouve dans les racines de betteraves provenant de terrains bien fumés des proportions de nitrates sensibles; on en trouve dans les tissus du maïs, notamment encore dans ceux de l'*amaranthus blitum* qui en renferment souvent une proportion assez sensible, pour qu'en faisant brûler la plante sèche on puisse voir se produire une série de petites déflagrations.

Il n'est pas douteux non plus que sur certaines plantes le salpêtre n'exerce qu'une action des plus favorables, c'est ce qu'on a observé depuis longtemps: Dygbée au dix-septième siècle; Heushan, cité par l'abbé de Vallemont, au dix-huitième, estiment que le salpêtre est un engrais très-efficace; aujourd'hui l'azotate de soude est l'objet d'un commerce important, il est mêlé à un grand nombre d'engrais composés, et souvent aussi employé directement dans les mélanges salins désignés sous le nom d'engrais chimique.

Les expériences exécutées dans des sols stériles, par M. Boussingault et par M. G. Ville, démontrent au reste très-nettement l'efficacité des nitrates. L'assimilation de l'azote du nitrate est dans les expériences de M. Boussingault tellement évidente, qu'on voit en quelque sorte le poids de la matière végétale formée être proportionnel à la quantité de nitrate qui a pénétré dans la plante. On en jugera par les chiffres suivants, obtenus dans des expériences où le poids de nitrate de potasse mis à la disposition des plantes a été en augmentant régulièrement. Dans chacun des quatre vases employés étaient placés 145 grammes de sable calciné et deux graines de *helianthus argophyllus* pesant 0 gr. 110. La végétation dure cinquante jours, du 15 août au 4 octobre inclusivement.

L'eau d'arrosage, exempte d'ammoniaque, contenait environ le quart de son volume d'acide carbonique. Les plantes ont crû en plein air, à l'abri de la pluie.

NUMÉROS DES EXPÉRIENCES.	POIDS DES PLANTES desséchées.	POIDS DES PLANTES en défalquant la semence.	RAPPORT DU POIDS de la plante à la semence.
N° 1. Sans nitrate.	0.507	0.397	4.6
N° 2. 0gr. 02 de nitrate.	0.830	0.720	7.6
N° 3. 0 .04.	1.240	1.130	11.3
N° 4. 0 .16.	3.390	3.280	30.8

Dans une autre expérience, M. Boussingault a fait intervenir dans le sable calciné non-seulement un nitrate, mais encore les matières minérales nécessaires au développement du végétal, et l'influence du nitrate y est encore des plus remarquables, puisque le poids de matière végétale élaborée monte de 0gr,285 à 21gr,211.

EXPÉRIENCES.	POIDS de la récolte sèche le grain étant 1.	MATIÈRE végétale élaborée.	ACIDE décomposé en 24 heures.	Acquis par les plantes en 86 jours de végétation.	
				CARBONE.	AZOTE.
A. Le sol n'ayant rien reçu.	3.6	gr. 0.285	cc. 2.45	gr. 0.114	gr. 0.0023
B. Le sol ayant reçu phosphate, cendre, nitrate de potasse. . . .	198.3	21.211	182.00	8.446	0.1666
C. Le sol ayant reçu phosphate, cendre, bicarbonate de potasse. .	4.6	0.291	3.42	0.156	0.0027

On remarquera que lorsque le nitrate est intervenu dans l'expérience B, la quantité d'acide carbonique décomposé en vingt-quatre heures est arrivée à 182 centigrades, tandis que les plantes sans nitrate n'ont pu en décomposer que de 2 à 3 centigrades; cette énorme différence s'explique facilement, si on se rappelle que la chlorophylle renferme une matière azotée qui ne peut être élaborée quand la plante ne reçoit pas d'engrais azoté; or, comme il résulte des faits exposés dans le chapitre précédent que c'est dans les cellules à chlorophylle qu'a lieu la décomposition de l'acide carbonique, on conçoit facilement que l'abondance de l'engrais azoté ait une influence directe sur la décomposition de l'acide carbonique et, par suite, sur le développement de la plante.

Il ne faudrait pas croire, cependant, que les nitrates agissent avec la même efficacité sur toutes les plantes; nous avons institué sur ce sujet, au Muséum d'histoire naturelle, des expériences de démonstrations; dans une fosse garnie inférieurement de tuiles juxtaposées formant une sorte de drainage et exposant aux racines un obstacle suffisant pour qu'elles ne puissent atteindre la couche sous-jacente, on a placé un sable de rivière exempt de matières organiques; ce sol a été divisé en planches d'égales étendues, qui ont été amendées avec du nitrate de potasse et du superphosphate de chaux, et on y a semé de l'orge et du trèfle; or, tandis que la céréale s'est bien développée et est restée rigide, tandis que dans les planches voisines formées de terres de meilleures qualités elle s'était couchée sous l'influence de la pluie qui a régné si longtemps en 1873, le trèfle n'a végété qu'avec une extrême difficulté, à peu près comme dans un sol absolument stérile. C'est un fait, au reste, qui ressort encore avec la plus grande netteté des expériences des célèbres agronomes anglais, Lawes et Gilbert, que les engrais azotés n'exercent qu'une influence des plus médiocres sur les légumineuses; nous aurons occasion d'y revenir dans un des paragraphes de ce chapitre.

Les nitrates peuvent donc, en général, être consi-

dérés comme des engrais très-efficaces ; il est bon de remarquer cependant que leur emploi entraîne souvent des inconvénients graves.

Ils pénètrent avec la plus grande facilité dans les betteraves, en quantités énormes dans les terrains riches, et s'y accumulent souvent de telle sorte que le cultivateur envoie au fabricant de sucre, avec ses betteraves, une notable quantité d'azote, qui non-seulement est perdue pour lui, mais qui est une grande gêne; car le nitrate de soude qui persiste en nature dans la betterave s'oppose à l'extraction facile du sucre; il entraîne celui-ci dans les mélasses.

§ III. — *Assimilation de l'azote à l'état de sel ammoniacal.*

Bien que certaines personnes aient mis en doute l'efficacité des sels ammoniacaux, les preuves de leur utilité comme engrais sont si nombreuses qu'on doit considérer l'ammoniaque comme l'une des formes sous lesquelles l'azote pénètre dans les plantes.

On peut, dans un cours, donner une preuve remarquable de l'influence du sulfate d'ammoniaque sur le développement de la chlorophylle en opérant sur des tabacs; on les sème dans un sol pauvre, ils germent et donnent bientôt des feuilles d'un vert pâle et jaunâtre; on les arrose alors avec des dissolutions étendues de sulfate d'ammoniaque de 1 à 2 grammes par litre et on voit apparaître après quelques jours de nouvelles feuilles dont la teinte vert foncé contraste singulièrement avec la couleur des premières feuilles qui se sont développées avant l'addition de l'engrais azoté.

Au reste, une longue discussion sur ce sujet serait oiseuse aujourd'hui, car si les expériences du laboratoire ont leur utilité, quand il s'agit de guider les praticiens, c'est à ceux-ci qu'est le dernier mot, puisqu'ils opèrent dans les conditions les plus variées et qu'ils ne continuent à employer un engrais qu'autant qu'ils en tirent un bénéfice; or, le prix du sulfate d'ammoniaque n'a cessé de s'accroître depuis plusieurs années; de 45 francs il est monté jusqu'à 50, et même 56 francs les 100 kilogrammes, et c'est là la preuve de son efficacité. Il est à remarquer, au reste, que si son influence est des plus remarquables sur les graminées, elle est faible ou nulle sur les légumineuses.

Ce n'est pas seulement quand elle est combinée avec l'acide sulfurique que l'ammoniaque peut exercer une action utile; dans les eaux d'égout des villes, elle se rencontre surtout à l'état de carbonate, et dans ce cas, encore, elle agit sur les graminées avec une intensité extraordinaire; c'est là ce qui ressort avec la plus grande netteté des travaux publiés en Angleterre par la Commission destinée à étudier les causes d'infection des rivières [1]. On estime que les prairies qui reçoivent en quantités suffisantes les eaux d'égout peuvent atteindre un rendement de 50 tonnes de fourrage vert à l'hectare [2]; d'une manière générale, on admet que l'arrivée sur la prairie de 100 mètres cubes d'eau d'égout amène un surcroît de récolte d'une tonne de fourrage vert.

En France, les eaux d'égout de la ville de Paris ont été utilisées partiellement dans la plaine de Gennevilliers; sous leur influence, on obtient des récoltes maraîchères remarquables. Il n'est pas de culture qui soit plus productive que celle des maraîchers; à l'heure qu'il est, avec leurs seules ressources, en charriant péniblement les engrais de la ville aux champs, en montant l'eau des puits à l'aide du manége et la distribuant à l'arrosoir, ils arrivent à pousser le rendement de l'hectare à 2000 ou 3000 francs, tandis que la grande culture atteint à peine un millier de francs et reste habituellement au-dessous de 500. A quel taux arriveront ces habiles jardiniers quand ils auront à leur disposition l'eau et l'engrais? Si l'on en jugeait par les essais faits dans les champs d'expérience de Gennevilliers, on ne peut douter qu'ils dépassent 3000 francs et qu'ils atteignent 5000 francs, et au delà.

Les faits précédents établissent donc avec la plus grande netteté que les sels ammoniacaux peuvent être assimilés par les végétaux aussi bien que les nitrates; il est remarquble, au reste, que la transformation de l'ammoniaque en acide azotique se fait avec la plus grande facilité dans les terres perméables où l'air pénètre aisément; c'est ce qui ressort, de la façon la plus claire, des analyses données par les auteurs anglais des eaux d'égout à l'entrée et à la sortie des terres; tandis qu'à l'arrivée l'eau d'égout ne renferme que des composés organiques azotés de l'ammoniaque et pas de nitrate, à la sortie, au contraire, elle ne renferme plus guère de composés organiques, pas d'ammoniaque, mais, en revanche, une proportion de nitrate assez considérable [1].

§ IV. — *Assimilation de l'azote sous forme de matières ulmiques.*

Nous avons vu plus haut que du trèfle ou de la luzerne semés dans une terre stérile, mais amendée avec des sels ammoniacaux, des nitrates et des engrais minéraux, ne donnent que des récoltes les plus médiocres; tous les praticiens savent qu'on n'améliore pas une prairie artificielle en la fumant; généralement, sous l'influence du fumier de ferme, les graminées prennent un grand développement, mais les légumineuses sont loin de prospérer de la même façon, de telle sorte qu'il est certain que l'azote ne doit pas être présenté aux légumineuses sous la même forme qu'aux graminées.

On a supposé d'abord que les légumineuses avaient la propriété de s'assimiler l'azote libre de l'atmosphère, mais cette assimilation, comme nous le verrons plus loin, n'a jamais été démontrée; on ne comprendrait pas de plus, si elle avait lieu, comment les praticiens ont reconnu qu'il était utile de ne faire revenir la luzerne sur le même sol qu'à un intervalle de dix, quinze ou vingt ans; en effet, on ne trouverait pas une explication de cette pratique agricole universellement suivie en supposant que la luzerne a épuisé le sol des principes minéraux indispensables à son développement, car on ne rétablit pas du tout une vieille luzerne en lui prodiguant les engrais minéraux; il faut donc en conclure que ces plantes puisent leurs aliments dans des composés complexes de matière ulmique qui se forment lentement dans le sol par la réaction de l'ammoniaque des

1. Report of the commissionners appointed in 1868 to inquire into the best means of preventig the pollution of rivers. London, 1868-1870. George Edward Eyre. M. Ronna vient de résumer les travaux des ingénieurs anglais dans un ouvrage important : *Egouts et Irrigations*.

2. Les rendements précédents sont énormes et le lecteur craindra peut-être quelques erreurs dans la conversion des mesures anglaises; je vais montrer cependant que les différents éléments du calcul de l'auteur anglais s'accordent bien avec ce que nous savons du rendement obtenu en France des prairies non irriguées. On a trouvé que 100 tonnes de *sewage* répandues développent une tonne de fourrage; or, l'hectare de la ferme de Lodge Barking sur lequel les rendements précédents ont été observés a reçu 13,654 tonnes d'eau d'égout, qui ont dû produire 136 tonnes, 54 de plus que le rendement ordinaire qui est dès lors 150 tonnes — 136.56 = 13 tonnes 46. Or, une prairie d'Alsace rend en moyenne 4,650 kilos de foin sec, qui pesés verts auraient fourni 17,000 kilos d'herbe, nombre analogue à celui que produit la prairie anglaise non irriguée, et qui montre l'exubérance de la végétation des graminées arrosées avec les eaux d'égout.

1. Le lecteur trouvera, dans notre *Cours de chimie agricole*, Hachette, 1873, quelques-unes des analyses données par les ingénieurs anglais chargés de l'étude des causes d'infections des rivières.

engrais sur les matières carbonées provenant des résidus des récoltes précédentes, ou même par l'action de l'ammoniaque formée directement au moyen de l'air réagissant sur ces mêmes matières carbonées.

Ces produits noirs, dits *composés ulmiques*, sont sans doute analogues à ceux qui se trouvent dans le fumier et qui ont été étudiés par M. P. Thénard; ce savant éminent a reconnu qu'ils se modifient peu à peu sous l'influence de l'air en perdant du carbone, et que c'est seulement après cette perte qu'ils deviennent solubles dans les alcalis, de telle façon que le temps est non-seulement un élément nécessaire à leur formation, mais encore aux métamorphoses nécessaires pour qu'ils puissent prendre une forme assimilable.

Si on admet cette hypothèse, si on admet que les légumineuses trouvent seulement leurs aliments dans les composés ulmiques, insolubles dans l'eau, mais solubles dans les alcalis, on conçoit, d'une part, comment ces plantes ne profitent pas des nitrates ou des sels ammoniacaux au même degré que les graminées, comment il faut qu'un certain temps se soit écoulé pour qu'il soit possible de faire revenir utilement les légumineuses sur le même sol, puisqu'il faut que les principes ulmiques épuisés par la culture précédente aient eu le temps de se reformer, comment les engrais alcalins réussissent d'une façon remarquable au commencement de la culture d'une légumineuse, puisqu'ils dissolvent les principes ulmiques qui leur servent d'aliments, comment, enfin, ils n'exercent plus qu'une très-faible action sur une vieille luzerne qui a déjà épuisé les principes ulmiques du sol, puisque l'alcali, qui n'agit que comme dissolvant, ne trouve plus rien à dissoudre.

§ V. — *Assimilation de l'azote à l'état libre.*

L'intervention de l'azote atmosphérique dans la végétation n'est pas douteuse; les prairies hautes des montagnes qui ne reçoivent comme engrais que les déjections des animaux qui y passent la belle saison supportent, sans perdre leur fertilité, une exportation constante d'azote; les animaux augmentent leur poids, ils donnent des produits azotés, laine, fromage, etc., qui ont pris un de leurs éléments dans le sol de la pâture qui se trouverait forcément appauvri, si l'azote atmosphérique ne venait réparer les pertes constantes qu'il subit. Une forêt régulièrement exploitée perd également, dans les matières albuminoïdes du bois exporté, une partie de l'azote contenu dans son sol, cependant sa puissance productrice reste constante; enfin quand on établit la composition des engrais que reçoit une surface déterminée, puis qu'on détermine d'autre part la richesse en azote des récoltes qu'on en tire, et qu'on calcule, d'après le poids de ces récoltes, la quantité d'azote qu'elles renferment, on trouve encore très-habituellement qu'il y a plus d'azote dans les récoltes qu'il ne s'en trouvait dans l'engrais, d'où il faut conclure que l'azote atmosphérique vient combler la différence constatée entre l'azote introduit et l'azote exporté.

Comment se fait cette restitution? C'est ce que nous allons examiner dans ce paragraphe.

Une longue discussion s'est établie il y a déjà une vingtaine d'années sur ce sujet, entre M. G. Ville et M. Boussingault; d'après M. G. Ville, des plantes développées dans un sol stérile, amendé avec une certaine quantité de nitrate de potasse, renfermaient, au moment de la récolte, plus d'azote qu'il n'en existait au commencement de la culture dans la graine et dans l'engrais, d'où il avait conclu que l'azote atmosphérique avait pénétré directement dans la plante, pour y former les composés complexes qu'on y rencontre. M. Boussingault entreprit pour vérifier cette assertion nombre d'expériences, mais, moins heureux que M. G. Ville, il ne put jamais constater le moindre gain d'azote libre; en Angleterre, des expériences conçues sur le même plan que celles de M. Boussingault furent entreprises par MM. Lawes, Gilbert et Pugh, elles conduisirent encore à des résultats négatifs; les plantes semées dans des sols stériles, amendés avec des quantités variables de nitrates ou de sels ammoniacaux, ne renfermèrent jamais plus d'azote qu'on ne leur en avait fourni, l'azote libre de l'atmosphère ne s'était pas fixé dans leurs tissus.

L'origine du gain d'azote incontestable que fait la végétation restait donc complétement inconnue avant les recherches que j'ai entreprises sur ce sujet. On sait que lorsqu'une matière végétale se décompose, elle peut dégager une partie de son hydrogène à l'état libre, surtout quand elle est en présence d'un alcali qui détermine la formation d'acide carbonique; prenons, par exemple, du glucose et mettons-le au contact de soude ou de potasse, et nous pouvons concevoir qu'il se décompose de la façon suivante:

$$C^{12}H^{12}O^{12} + 6(NaO\,HO) = 6C + 6\,CO^2NaO + 6HO + 12H$$

Or, si cet hydrogène se trouve en présence d'azote atmosphérique, il s'unira à lui pour donner de l'ammoniaque; la cause déterminante de cette union étant sans doute le dégagement de chaleur qui accompagne la formation de l'acide carbonique, par suite d'une sorte de combustion interne.

Ce que l'équation précédente permet de prévoir se réalise facilement dans le laboratoire; qu'on attaque du glucose à l'aide de soude ou de potasse caustique, puis qu'on fasse passer au travers du mélange un courant d'azote, et on obtiendra un composé renfermant 5 ou 6 millièmes d'azote, c'est-à-dire à peu près ce qui existe dans le fumier de ferme; il est à remarquer que si on substitue au courant d'azote un courant d'air, on obtiendra un résultat beaucoup moins avantageux; on conçoit aisément, en effet, que l'hydrogène libre se trouvant en présence d'oxygène et d'azote forme plus facilement de l'eau que de l'ammoniaque.

On réalise encore cette fixation d'azote à froid en plaçant sur le mercure une atmosphère exactement mesurée de ce gaz avec diverses matières végétales capables d'émettre de l'hydrogène, du glucose attaqué par un alcali, de l'humus du vieux bois, etc.; la condition favorable est encore l'absence de l'oxygène[1].

Or, de semblables réactions peuvent prendre naissance dans la terre arable; quand des matières végétales s'y décomposent, elles commencent par métamorphoser tout l'oxygène qui y est confiné en acide carbonique, puis l'hydrogène provenant de la décomposition de la matière végétale s'unit à l'azote et y produit de l'ammoniaque qui se combine enfin aux matières carbonées, et forme ainsi ces composés complexes qu'on rencontre en quantités si notables dans les sols des prairies, dans les bois, dans les terres abandonnées à la végétation spontanée. On sait, en effet, que de semblables terres peuvent donner, au moment de leur défrichement, de bonnes récoltes de céréales, si on leur donne non pas des engrais azotés, puisqu'elles sont abondamment fournies d'azote, mais seulement des phosphates; il est clair, cependant, que si on continue pendant plusieurs années à prélever des récoltes épuisantes sans ajouter d'engrais azotés, on enlèvera peu à peu la réserve qui s'est accumulée pendant les longues années de repos que ces terres avaient traversées et qu'on arrivera à les stériliser.

Toutes les personnes qui ont réfléchi aux questions agricoles savent que la plus grande difficulté qu'on rencontre actuellement est l'insuffisance des engrais azotés que le commerce peut mettre à la disposition de l'agri-

1. Voyez pour le détail des expériences les *Annales des sciences naturelles, botaniques*, tome XVIII, 1873; ou *Bulletin de la Société chimique*, tome XVIII, 1873.

culture; cette disette est due à l'ignorance où nous sommes d'un procédé qui permette de faire entrer directement l'azote atmosphérique en combinaison soit avec l'hydrogène pour former l'ammoniaque, soit avec l'oxygène pour produire de l'acide azotique; or, les considérations précédentes indiquent un moyen qui est à la portée de tous les cultivateurs qui veulent augmenter la proportion d'azote combiné qui existe dans le sol arable; ce procédé consiste dans l'emploi régulier des engrais verts. Imaginons, en effet, qu'après qu'une céréale a été récoltée, on procède à un déchaumage, puis qu'on sème immédiatement une graine, moutarde, colza, etc., elle végétera pendant les quelques mois d'automne, puis quand sa croissance sera arrêtée par la mauvaise saison, on donnera un labour de façon à l'enfouir, et par-dessus un coup de rouleau; on aura ainsi placé dans le sol une matière végétale qui se décomposera certainement, elle transformera bientôt l'oxygène confiné en acide carbonique, et l'hydrogène dégagé en s'unissant à l'azote produira de l'ammoniaque qui formera, avec la matière carbonée, un de ces composés ulmiques dont nous avons reconnu l'influence directe sur les légumineuses, et qui sont, en outre, une source de nitrates dont les effets sur les céréales sont si remarquables.

Il est très-possible que l'influence heureuse qu'exerce le trèfle sur la céréale qui suit soit due à la fixation de l'azote atmosphérique qui se produit dans le sol où il a été enfoui. Le nom qu'on lui a donné de plante améliorante est peut-être dû uniquement à l'abondance des résidus qu'il laisse dans le sol, et qui équivalent, d'après leur richesse en azote, a une demi-fumure, mais qui sont en outre une occasion importante de fixation d'azote atmosphérique.

Si ces réactions favorables ne se produisaient pendant la décomposition des débris laissés dans le sol par la luzerne ou le trèfle, on ne comprendrait pas comment une plante qui prélève sur le sol des quantités notables d'azote et d'acide phosphorique serait considérée depuis longtemps par les cultivateurs comme laissant le sol dans un état de fertilité supérieur à celui où il se trouvait au moment où elle y a été introduite.

CHAPITRE IV.

ASSIMILATION DES SUBSTANCES MINÉRALES PAR LES PLANTES.

Tous les organes végétaux laissent, après la calcination des substances minérales, des cendres qui sont utilisées par l'industrie, soit pour les alcalis qui s'y rencontrent habituellement, soit pour l'extraction de l'iode que les plantes marines concentrent dans leurs tissus, comme beaucoup de plantes terrestres concentrent de la potasse.

Si quelques-unes de ces matières ne paraissent avoir pour la végétation qu'une importance médiocre, il en est d'autres, au contraire, qui semblent indispensables au développement des plantes et qui sont devenues l'objet d'un commerce considérable. On sait que les phosphates sont aujourd'hui recherchés dans le monde entier et que pour la culture du sarrazin en Bretagne, pour celle des turneps en Angleterre, enfin pour les céréales semées sur les défrichements, ils constituent un engrais du premier ordre.

Il est donc intéressant pour le cultivateur de savoir comment les plantes peuvent prendre dans le sol les substances minérales qui s'y trouvent, il est encore plus important pour le physiologiste de saisir le mécanisme de cette assimilation. L'analyse de plantes d'espèces différentes développées sur le même sol indique, en effet, qu'elles n'ont pas pris indifféremment toutes les substances solubles que renferme la terre arable; mais qu'elles ont, au contraire, choisi certaines matières de préférence à certaines autres. C'est ainsi que si on détermine la composition d'un trèfle encore vert qui s'est développé dans un blé, dans le même sol, par conséquent, et qu'on compare la composition de ses cendres à celles du blé, on trouvera dans la légumineuse la chaux et la potasse en quantités notables et presque pas de silice, tandis qu'au contraire en rencontrera dans les cendres de la céréale une quantité notable de silice, et des proportions infiniment plus faibles de potasse et de chaux.

Comment a lieu cette assimilation élective? comment peut-on expliquer que deux plantes différentes vivant dans le même sol y aient pris des substances minérales différentes? Telle est la question que nous allons étudier dans ce chapitre.

§ I. — *De l'état dans lequel se trouvent les substances minérales dans les plantes.*

Le mode de recherche que nous avons suivi pour étudier cette question a consisté à soumettre les différents organes végétaux à l'action de réactifs susceptibles d'agir sur les substances minérales qui y étaient contenues, de façon à reconnaître si les substances minérales présentaient leurs propriétés normales ou si, au contraire, elles affectaient des propriétés nouvelles; si, par exemple, nous trouvons que la silice qui, lorsqu'elle n'a pas été calcinée, se dissout très-bien dans les alcalis, résiste à leur action lorsqu'elle est dans un tissu végétal, nous pourrons conclure qu'elle y est combinée; si nous voyons que l'iodure de potassium, qui est extrêmement soluble dans l'eau, ne se dissout pas dans ce liquide lorsqu'il est contenu dans les tissus d'un fucus, tellement que pour l'extraire il faille commencer pour brûler la plante, nous devrons conclure encore que l'iodure de potassium est engagé en combinaison avec la matière végétale; si, au contraire, en attaquant les feuilles par de l'acide chlorhydrique étendu, nous trouvons que le carbonate de chaux qui s'y trouvait se dissout comme s'il était isolé, nous pourrons conclure qu'il n'est pas engagé en combinaison avec la matière végétale, mais qu'il s'est simplement déposé dans les tissus par suite de l'évaporation de l'eau qui a traversé la plante.

Ce mode de recherche nous a conduit à reconnaître que les substances minérales peuvent se rencontrer dans les plantes sous les états suivants:

Déposées par l'évaporation de l'eau;
Combinées.

Il convient en outre de distinguer les combinaisons régulières qui affectent les bases avec les acides végétaux des combinaisons plus complexes qui unissent les matières végétales neutres aux substances minérales, et qui sont sans doute du même ordre que celles qui sont réalisées dans l'art de la teinture, et notamment dans l'opération du mordançage où l'on voit une substance soluble comme l'alun enlevé à son dissolvant par une fibre végétale, former avec elle une combinaison insoluble.

§ II. — *Substances minérales déposées par évaporation.*

On rencontre le carbonate de chaux et la silice dans les feuilles d'un grand nombre de plantes herbacées ou ligneuses, et la proportion de ces matières augmente singulièrement avec l'âge des feuilles; c'est ainsi que le docteur Zoeller a trouvé, dans les cendres des feuilles de hêtre analysées à diverses époques de leur croissance, les quantités de carbonate de chaux suivantes:

16 juin.	17.55	pour 100 de cendres.
18 juillet. . . .	47.25	—
14 octobre. . .	60.80	—
Fin novembre..	60.94	—

Les nombres qui se rapportent à la silice sont les suivants:

16 juin. . . . . 1.19 pour 100 de cendres.
18 juillet. . . . 13.37 —
14 octobre. . . 20.68 —
Fin novembre.. 24.37 —

Ainsi, au moment où les feuilles sont tombées, 100 de leurs cendres renfermaient 84.93 de silice et de carbonate de chaux. En général, il suffit de traiter successivement les feuilles par une dissolution d'acide chlorhydrique, puis par une autre de potasse étendue et bouillante, pour leur enlever le carbonate de chaux et la silice qu'elles renferment, et si l'on opère avec l'acide chlorhydrique sous le champ du microscope, comme l'a fait Payen, on peut observer le dégagement de l'acide carbonique, et le gaz renfermé dans les meas presser et entourer les cellules.

D'autre part, en lavant les feuilles avec la soude étendue et bouillante, on arrive à extraire parfois toute la silice qui y était contenue : c'est ainsi que 100 de cendres de feuilles de marronnier normales, renfermant 12.5 de silice avant l'expérience, n'en renfermaient plus après l'action de la dissolution alcaline. Il n'en est pas au reste toujours ainsi, et si l'on opère avec des pailles de blé ou avec des tiges de fougère, on trouve au contraire que la quantité de silice est plus grande dans 100 de cendres lavées avec la soude que dans 100 de cendre de la plante normale; les autres éléments ayant été enlevés en plus grande quantité que la silice, celle-ci a fini par dominer, et c'est la preuve qu'elle n'est plus simplement déposée par suite de l'évaporation de l'eau qui a traversé la plante, mais qu'elle a aussi contracté une combinaison avec la matière végétale elle-même. Nous revenons, au reste, plus loin, § IV, sur cette importante conclusion.

§ III. — *Matières minérales formant avec les principes immédiats des combinaisons définies.*

La potasse se rencontre souvent dans les plantes unie aux acides végétaux: on la trouve dans la *rumex acetosa* unie à l'acide oxalique; dans les raisins à l'acide tartrique, et on sait que c'est précisément de ces combinaisons que l'on extrait ces deux acides végétaux. La chaux se rencontre fréquemment à l'état d'oxalate. Payen, qui a fait de cette question une étude approfondie, a reconnu l'oxalate de chaux dans un grand nombre de plantes phanérogames. On rencontre ordinairement, dit-il, l'oxalate de chaux en cristaux transparents, irradiés ou groupés en sphéroïdes hérissés de pointes, appartenant en apparence à des rhomboèdres, des octaèdres ou des prismes rectangulaires, et terminés soit par des pyramides à quatre faces, soit par des faces irrégulières ou gradins anguleux. Il n'est pas de micrographe qui n'ait eu occasion de constater la présence de ces cristaux dans les tissus des végétaux, et un jeune botaniste distingué, M. Vesque, attaché au laboratoire de culture du Muséum, a reconnu récemment (*Comptes rendus*, janvier 1874) que la forme cristalline de l'oxalate de chaux varie avec la composition chimique du milieu dans lequel le sel se dépose: par exemple les raphides ou cristaux aciculaires se déposent dans une dissolution neutre de dextrine ou de glucose; tandis que si la cristallisation a lieu dans une dissolution acide (acide tannique, malique, citrique, oxalique), l'oxalate de chaux prend la forme de cristaux simples ou maclés du système rhomboïdal. Nous reconnaîtrons un peu plus tard qu'il est très-important pour la théorie des engrais de constater qu'il existe dans les végétaux des matières minérales engagées en combinaison avec des principes acides, principes secondaires produits par oxydation et qui ne paraissent avoir aucune influence sur le développement de la plante elle-même.

§ IV. — *Combinaisons non définies des matières minérales avec les substances végétales.*

Si la chaux et la potasse forment avec les acides végétaux des combinaisons régulières, il est d'autres matières minérales qui paraissent également engagées en combinaisons, mais en combinaisons non définies; nous en fournirons quelques exemples.

Iodures. Quand les végétaux marins renferment des iodures en quantités assez notables pour qu'il soit possible d'y reconnaître l'iode sans traiter des masses trop considérables, on trouve cet iode dans les cendres; mais il est impossible de le caractériser dans l'extrait aqueux obtenu de la plante. En calcinant le *fucus vesiculosus*, on peut, à l'aide du chlore puis du chloroforme ou de sulfure de carbone, obtenir la coloration caractéristique de l'iode; mais il n'a pas été possible d'obtenir la moindre réaction en traitant de la même façon l'extrait aqueux. Ainsi, l'iodure de potassium est probablement engagé dans ces plantes, dans une combinaison assez intime pour résister à l'action de l'eau bouillante; on sait cependant que ce sel est tellement soluble dans l'eau, qu'il est déliquescent.

Chlorures et sulfates. Cette adhérence des iodures à la matière végétale ne se rencontre pas pour toutes les autres substances minérales, dont l'analyse signale la présence dans les plantes marines: c'est ainsi qu'il arrive habituellement qu'en lavant à l'eau bouillante certaines variétés de fucus, et notamment le *fucus vesiculosus*, on arrive à enlever tous les chlorures qui imprègnent la plante normale; en revanche on ne réussit pas en employant la même méthode à se débarrasser de tous les sulfates. Il est donc certain que ces deux sels ne sont pas retenus par la fibre végétale de la même façon : tandis que les chlorures semblent simplement contenus dans l'eau qui gorge la plante et disparaissent avec elle, les sulfates sont retenus avec assez d'énergie pour qu'il soit impossible à des lavages multipliés d'en débarrasser complétement la fibre végétale.

Silice. On rencontre des faits analogues dans les plantes terrestres pour une matière minérale qui s'y rencontre en grande abondance, la silice. Nous avons vu plus haut qu'elle augmente singulièrement de poids dans les feuilles qui avancent en âge, et que, dans ce cas, elle paraît être amenée dans la plante par l'eau qui y circule et s'y évapore; mais elle existe en outre dans certaines tiges herbacées, engagée en combinaison avec la fibre végétale, car elle ne cède plus aux réactifs qui la dissolvent habituellement.

Pour reconnaître à quel état se trouvait la silice dans les végétaux, nous avons soumis ceux-ci à l'action d'une dissolution de soude étendue, marquant 1 degré au pèse-sel et bouillante; on avait soin de renouveler l'eau à mesure qu'elle s'évaporait, on terminait l'opération par un lavage à l'acide chlorhydrique étendu pour enlever l'alcali, et enfin par des lavages à l'eau pure jusqu'à disparition de la réaction acide. On a ainsi trouvé les nombres suivants:

Silice contenue dans différentes tiges avant et après les lavages avec une dissolution de soude étendue et bouillante.

NOMS DES PLANTES EN EXPÉRIENCES.	SILICE dans 100 de cendres de la plante normale.	SILICE dans 100 de cendres de la plante lavée.
Seigle en fleur (mai 1865).	38.2	68.0
Blé vert non encore en fleur (mai 1865).	40.0	87.0
Paille de froment (août). .	70.0	93.0
Bois de chêne.	21.0	0.0
Bagasse de canne à sucre.	67.6	25.9
Bagasse de canne à sucre.	67.6	53.4

On voit que les tiges des céréales ont abandonné à la lessive de soude et à l'acide chlorhydrique employés presque toutes les matières minérales autres que la silice, mais que celle-ci, au contraire, a persisté jusqu'à former presque la totalité des cendres; il n'en a pas été de même pour le bois de chêne qui a perdu toute la silice qu'il renfermait, ni pour la bagasse de la canne à sucre qui en a perdu également une quantité notable, puisqu'on la trouve dans les cendres lavées en moindre proportion que les autres éléments. Comme les expériences ont été tout à fait comparatives, qu'elles ont duré le même temps et qu'on a employé les mêmes dissolutions, on peut conclure que la silice se trouve dans les pailles des céréales, dans le bois et dans la canne à sucre, sous des états très-différents; elle est dans un cas retenue par une sorte d'affinité capillaire analogue à celle qui retient une matière colorante sur une étoffe mordancée, tandis que dans l'autre elle paraît simplement déposée par évaporation.

Phosphates. Tous les chimistes qui ont dosé à la fois l'azote et les phosphates dans les graines ont été frappés de voir ces deux matières augmenter à peu près parallèlement; les graines les plus riches en phosphates sont en même temps celles qui renferment la plus grande proportion des matières albuminoïdes.

Or, il est facile de se convaincre que les matières azotées sont combinées aux phosphates; en effet, quand on examine des extraits de graines, de tubercules faits à froid, on reconnaît souvent que l'acide phosphorique s'y maintient à l'état soluble dans une liqueur neutre en présence de la chaux, ce qui n'arriverait pas dans un liquide dépouillé de matières organiques. Si l'on râpe des tubercules de pomme de terre, puis qu'on passe le jus au travers d'un linge, et qu'enfin on filtre, il sera aisé de constater dans le liquide la présence de la chaux et de l'acide phosphorique, qui restent en dissolution tant que la matière albuminoïde est soluble; mais, si on coagule celle-ci par la chaleur, une grande partie du phosphate de chaux se précipite, il est devenu insoluble en même temps que la matière azotée, on ne peut plus l'enlever, même en continuant les lavages pendant longtemps, et si on calcine la matière azotée coagulée, on trouve des cendres presque exclusivement composées de phosphates.

Ce fait n'est pas particulier aux tubercules de pommes de terre; dans les graines on trouve encore que l'acide phosphorique est retenu par la matière azotée, même lorsqu'il est engagé en combinaison avec les bases alcalines, que par suite il devrait donner les sels solubles.

Il est donc évident que les phosphates ne se trouvent pas simplement déposés par évaporation dans les tissus des végétaux, mais qu'au contraire ils forment avec les principes immédiats azotés eux-mêmes une véritable combinaison.

Si nous résumons les faits établis dans les pages précédentes, nous reconnaissons que les substances minérales existent dans les végétaux à des états très-différents.

1° Elles peuvent y être simplement déposées par évaporation: tel paraît être le carbonate de chaux dans les feuilles; il disparait, en effet, par un simple lavage à l'acide chlorhydrique; tel il paraît être aussi dans les arbres où il cède encore sans difficulté aux acides. La silice, dans les feuilles d'un grand nombre d'arbres, se dissout encore dans les alcalis étendus.

2° Elles peuvent être retenues en combinaisons:

A. Avec des principes immédiats, à réactions parfaitement tranchées; l'oxalate de chaux se rencontre dans les tissus d'un très-grand nombre de plantes, il est particulièrement abondant dans les cactus; on extrait des oseilles l'oxalate de potasse; le tartrate de potasse et de chaux se trouve dans les raisins, le citrate de potasse dans les citrons.

B. Mais les substances minérales peuvent être aussi unies aux principes immédiats neutres: les phosphates aux matières albuminoïdes neutres, la silice à la cellulose des tiges de graminées ou de fougères, les sulfates et les iodures aux tissus des fucacées. Ces dernières combinaisons n'ont plus le caractère nettement défini des précédentes; l'adhérence des principes minéraux aux végétaux est variable: tantôt capable de résister à l'action des réactifs énergiques, elle peut parfois céder à des lavages multipliés, ainsi que nous l'avons remarqué pour les sulfates et les chlorures dans quelques plantes marines. Des exemples de ces combinaisons encore mal définies, dans lesquelles les éléments peuvent être retenus, non plus par la force énergique qui est mise en jeu par le contact d'une base ou d'un acide, mais par cette force affaiblie et dégénérée, jusqu'à devenir, suivant l'expression de M. Chevreul, une simple affinité capillaire, nous sont fournis à profusion par l'art de la teinture. Nous savons que les mordants adhèrent aux tissus et résistent aux lavages; nous savons que les matières colorantes se fixent également sur ces tissus mordancés, et ces alliances durables après le mordançage, éphémères au contraire quand la matière colorante est mise directement en contact avec la fibre végétale, nous paraissent avoir de profondes analogies avec les unions plus ou moins stables que contractent les substances minérales avec les tissus ou les principes immédiats des plantes vivantes.

§ V. — *Examen des anciennes hypothèses proposées pour expliquer la composition des cendres.*

L'analyse des cendres démontre que les plantes choisissent, dans la dissolution complexe que renferme le sol, certaines substances minérales, et s'en emparent, se les assimilent à l'exclusion de certaines autres. Qu'on sème dans la même terre du trèfle et du blé ainsi qu'on le fait souvent, et à l'analyse on ne trouvera pas aux cendres la même composition; le blé renfermera surtout de la silice et des phosphates, le trèfle de la potasse et de la chaux. Quel est le mécanisme de cette sélection? c'est ce qui nous reste à étudier.

Examen des organes d'absorption. L'hypothèse la plus simple qu'on puisse faire pour expliquer le choix qu'exécutent les végétaux consiste à supposer que les tissus des racines ne présentent pas la même structure dans les espèces différentes; que les organes d'absorption du blé sont aptes à se laisser pénétrer par la silice ou les phosphates, tandis que ceux du trèfle qui refuseront la silice absorberont au contraire la potasse et la chaux. Il suffit presque d'énoncer cette hypothèse pour voir combien elle est singulière et peu d'accord avec ce qu'enseigne la science actuelle, ennemie des causes occultes. La répugnance qu'inspire cette hypothèse est, au reste, justifiée par l'examen des faits: en soumettant à un examen microscopique attentif les organes d'absorption, il est impossible d'y découvrir les moindres différences correspondant aux différences qu'on remarque dans la composition des cendres des plantes auxquelles ils appartiennent (voyez, sur l'absorption des liquides par les racines, Duchartre, *Traité de Botanique*, page 237, qui relève une erreur généralement répandue). Au reste, pour démontrer qu'il n'existe pas dans les racines une faculté de sélection suffisante pour produire les effets constatés par l'analyse des cendres, on peut avoir recours, comme l'a fait depuis longtemps Trinchinetti, à des expériences directes (*Sulla facolta assorbente delle radice de vegetabili*, Milano, 1863).

Les racines absorbent tous les éléments solubles qui sont mis en contact avec elles. Ce naturaliste a reconnu, en plongeant pendant quelque temps des plantes munies de leurs racines en bon état dans des dissolutions salines variées, que toutes les matières dissoutes pénétraient dans les tissus. Ces expériences paraissent mériter toute confiance, car Trinchinetti eut soin de

caractériser, à l'aide de réactifs appropriés, les sels qui avaient pénétré dans la plante, et le fait de l'absorption d'une dissolution saline quelconque pourra être considéré comme démontré, quand nous aurons signalé la cause d'une anomalie observée depuis longtemps.

Si on fait l'analyse des plantes qui ont végété dans un sol plâtré, on reconnait que celles-ci renferment plus de chaux et de potasse que les plantes qui se sont développées dans un sol non amendé avec du sulfate de chaux, mais que la proportion d'acide sulfurique qui existe dans les cendres est loin d'être suffisante pour saturer la chaux et la potasse; et l'on pourrait avoir quelque peine à comprendre un fait semblable et être tenté, par suite, de l'attribuer encore à une faculté particulière aux racines, si l'on n'avait constaté, d'une part, qu'une plante semée dans du coton et arrosée avec de l'eau chargée de sulfate de chaux absorbe très-bien ce sel, et, d'autre part, que le sulfate de chaux enfoui dans le sol ne tarde pas à s'y transformer en carbonate. C'est sous cette nouvelle forme que les bases pénètrent dans la plante; de telle sorte que si l'on ne trouve pas habituellement de sulfate de chaux dans les cendres d'une plante développée sur un sol plâtré, c'est tout simplement parce que ce sulfate de chaux n'y persiste sans modification que pendant peu de temps.

Excrétions des racines. Nous reconnaissons donc, d'une part, que tous les sels pénètrent dans les plantes; de l'autre, que ces principes ne sont pas tous simplement en dissolution dans l'eau qui gorge la plante, mais que quelques-uns d'entre eux sont combinés avec les divers principes immédiats. Si nous pouvions reconnaître dans les plantes la faculté d'excrétion, nous arriverions facilement à comprendre le mécanisme suivant lequel se fait le choix constaté par l'analyse. Supposons, en effet, qu'une dissolution complexe, comme celle qui existe dans le sol, pénètre dans la plante et se répande dans tout l'organisme: elle arrive au contact de différents tissus; quelques-unes des substances minérales introduites perdent leur solubilité, et les autres, après un séjour plus ou moins long dans le végétal, sont expulsées au dehors par les racines: de telle sorte que, lorsqu'on analyse la plante, on n'y trouve plus, bien que tous les éléments solubles contenus dans le sol y aient pénétré, que ceux qui sont capables de contracter quelque combinaison ou ceux qui s'y sont déposés par suite du changement de nature du dissolvant.

Pour que nous puissions admettre cette hypothèse, il nous faudrait démontrer que les plantes sont capables d'excrétion. Cette idée n'est pas nouvelle; elle a été soutenue par plusieurs esprits distingués et notamment par De Candolle[1], qui avait cru pouvoir baser une théorie des assolements sur cette propriété hypothétique; toutefois, toutes les expériences directes qui ont été faites sur ce sujet ont conduit à des conséquences négatives.

On sait que Walter, notamment, a contribué à faire rejeter l'existence d'une exosmose régulière en faisant végéter une plante munie de plusieurs racines dans deux vases différents, de sorte que quelques-unes des racines plongeaient dans l'un des vases renfermant de

1. *Physiologie*, p. 248, etc. Il faut remarquer que s'il est impossible de constater l'excrétion d'une substance minérale par les racines, il est vraisemblable que celles-ci émettent un acide fixe au moment de la germination, et très-habituellement de l'acide carbonique. En faisant germer des graines sur du papier de tournesol, on reconnaît facilement que celui-ci se teint en rouge dans tous les points où il a été en contact avec les racines; de plus, celles-ci exercent une action dissolvante remarquable sur les calcaires.

Les expériences qui servent à le montrer sont insérées par M. J. Sachs, dans son *Traité de Physiologie végétale*, p. 210, et l'on a pu en voir les résultats à l'Exposition de 1867. Des graines de différentes plantes (Phaseolus, Multiflorus, Cucurbita Pepo, Tricticum vulgare, etc.) sont semées dans du sable contenu lui-même dans de petites caisses de marbre; les racines se développent et atteignent bientôt le marbre, sur lequel elles rampent dans différents sens. Quand on met fin à l'expérience on voit très-distinctement, sur la surface polie du marbre, la trace de plusieurs racines et de leurs ramifications: les limites de ces empreintes sont nettes; elles sont en moyenne larges d'un demi-millimètre et ressemblent à un trait légèrement marqué avec un burin à pointe large. Les empreintes sont aussi visibles sur de la dolomie; mais sur le plâtre, au lieu d'être en creux, olles sont en relief: les racines ont protégé le plâtre contre l'action dissolvante de l'eau.

l'eau distillée, les autres pénétraient dans une dissolution saline. Si les racines sont des organes d'excrétion, si elles peuvent rejeter quelques-uns des principes qu'elles ont pris d'abord, il est probable que la dissolution saline absorbée par l'une des racines se répandra dans toute la plante, puis sera rejetée au dehors, et qu'on retrouvera dans l'eau pure le sel contenu dans l'autre vase. Les expériences furent faites à l'aide du sel marin, du sulfate de soude et de l'acétate de plomb, et conduisirent toujours à des résultats négatifs; dans le dernier cas, il fut facile de reconnaître le sel de plomb dans la plante et même dans les racines plongées dans l'eau pure, mais on ne put en retrouver dans cette eau.

Nous avons nous-même exécuté quelques expériences analogues. Des plantes aquatiques, des lentilles d'eau (*lemna minor*) furent placées dans des dissolutions très-étendues de sulfate de cuivre et de sel ammoniac; on y laissa les plantes quatre ou cinq jours; puis, après les avoir bien lavées, on les remit dans l'eau distillée, qui fut examinée après quelques jours. Il fut impossible d'y découvrir la moindre trace de sel du cuivre ou de chlorure, et l'on sait seulement qu'il existe, pour reconnaître ces substances, des réactifs d'une admirable sensibilité.

Ainsi l'explication de l'accumulation dans les plantes d'un principe minéral, à l'exclusion d'un autre, ne peut s'appuyer sur l'idée que les principes non combinés, non retenus dans la plante, sont éliminés par les racines, et une autre manière de voir doit être proposée.

§ VI. — *Des phénomènes de diffusion.*

Pour arriver à la solution, il nous faut maintenant abandonner l'étude directe des plantes et rappeler les faits découverts par Dutrochet et Th. Graham, relatifs à l'endosmose et à la diffusion. Cette marche, qui paraît détournée, est celle cependant qui nous conduira le plus rapidement au but que nous nous proposons d'atteindre.

Rappelons d'abord une des expériences fondamentales de Th. Graham. On sait que ce savant a démontré que si, au fond d'une éprouvette étroite remplie d'eau, on dépose une dissolution concentrée d'un sel soluble, celui-ci finit par se répandre dans toute la masse; les molécules salines, triomphant de la force de pesanteur, qui semblait devoir les maintenir près du fond du vase, s'élèvent jusqu'en haut de l'éprouvette: elles sont animées d'un mouvement de transport tout à fait indépendant du mouvement du liquide lui-même, et tendent à se répandre dans tout le liquide, comme un gaz se répand dans tout l'espace qui s'offre à lui.

Une paroi poreuse n'oppose qu'une très-faible résistance à cette diffusion: on peut s'en assurer par l'expérience suivante. Dans un vase de verre renfermant une dissolution saline, on immerge un vase poreux semblable à ceux qu'on emploie dans la pile de Bunsen. Ce vase renferme de l'eau distillée, et le niveau du liquide est le même des deux côtés de la paroi; il n'y a, par conséquent, aucun transport de liquide, et cependant l'analyse a démontré que le sel se diffuse au travers de

NUTRITION DES VÉGÉTAUX.

la paroi poreuse, et après quelques jours, si l'on emploie des dissolutions étendues, on trouve que des quantités égales d'eau prises dans le vase poreux ou en dehors renferment des quantités de sels semblables: l'équilibre est établi.

La présence d'un sel dans l'eau du vase poreux s'oppose à la diffusion du même sel, mais n'apporte qu'un très-faible obstacle à la diffusion d'un sel d'une autre nature. Supposons, pour préciser les idées, que nous ayons placé une dissolution de chlorure de potassium dans le vase de verre et dans le vase poreux; cette dissolution présente, des deux côtés de la paroi poreuse, la même concentration, et, par suite, il ne se fait aucun mouvement de sel d'un vase vers l'autre. On ajoute alors dans le vase extérieur une certaine quantité de sulfate de soude solide: celui-ci se dissout, et bientôt chemine au travers de la paroi poreuse et pénètre dans le vase intérieur.

Plaçons maintenant dans le vase extérieur un mélange de deux sels, et, par un moyen quelconque, amenons l'un des deux à l'état insoluble aussitôt qu'il aura pénétré dans le vase poreux; nous prévoyons facilement ce qui arrivera: les deux sels se diffusent d'abord dans l'eau du vase poreux en quantités que nous supposons égales et, après quelques jours, l'eau intérieure se trouve avoir une concentration semblable à l'eau extérieure et les choses persistent dans cet état si aucune cause perturbatrice n'intervient. Mais nous supposons, au contraire, que l'un des deux sels est amené à l'état insoluble, l'eau intérieure est débarrassée de ce sel, et dès lors la diffusion en entraîne dans le vase poreux une nouvelle proportion pour remplacer celui qui a disparu; une nouvelle précipitation sera bientôt suivie d'un nouvel afflux destiné à rétablir l'équilibre toujours détruit. L'un des deux sels appelé par ces précipitations successives entrera donc dans le vase poreux à différentes reprises, et l'expérience terminée, on l'y trouvera en plus forte proportion que le sel non précipité, qui a cessé de pénétrer dans l'eau intérieure aussitôt qu'elle a été chargée au même degré que l'eau extérieure.

Cette accumulation d'un sel dans le vase intérieur se réalise, par exemple, très-aisément avec du sulfate de cuivre, auquel on ajoute peu à peu, à mesure qu'il se diffuse dans l'eau du vase poreux, de l'eau de Baryte. Dans une expérience où le vase extérieur renfermait au commencement $0^{gr},990$ de sulfate de cuivre, on a trouvé à la fin dans le vase extérieur $0^{gr},293$, et dans le vase intérieur $0^{gr},697$. Dans une autre, l'eau du vase extérieur renfermait d'abord $1^{gr},082$ de sulfate de cuivre, et à la fin de celle-ci $0^{gr},464$, tandis qu'il y avait dans le vase intérieur $0^{gr},718$ de sulfate de cuivre.

§ VII. — *Explication de l'accumulation des principes combinés à l'état insoluble dans les végétaux.*

Cette expérience va nous permettre d'expliquer facilement l'accumulation des principes minéraux qui sont fixés en combinaison par les matières végétales. Nous avons vu que, dans le *fucus serratus*, les sulfates sont retenus à l'état insoluble, tandis que les chlorures sont facilement enlevés par l'eau. Or, nous pouvons comparer la mince pellicule qui recouvre les tissus de la plante à la paroi poreuse de notre vase de porcelaine dégourdie et admettre qu'il y aura diffusion des sels contenus dans l'eau au travers de cette paroi, comme il y avait diffusion des sels de la dissolution extérieure dans l'eau du vase poreux. Les tissus du fucus vont dès lors exercer leur action sur ces sels; les sulfates se combinent; solidifiés par cette union, ils sont soustraits à la dissolution, comme l'était le sel précipité dans l'expérience précédente, et, par suite, une nouvelle quantité de sulfate pénétrera par diffusion dans l'eau qui gorge le tissu, tandis que le chlorure non combiné, se trouvant au même degré de concentration dans l'eau de la mer et dans le liquide de la plante, n'y pénétrera pas de nouveau. On comprend donc que, bien qu'il y ait dans l'eau de la mer plus de chlorures que de sulfates, les sulfates puissent s'accumuler dans le fucus en plus grande quantité que les chlorures.

Ce même raisonnement peut encore s'appliquer aux iodures, qu'on trouve toujours engagés dans des combinaisons insolubles avec les tissus des fucacées, tellement que, pour les caractériser dans ces plantes, il faut d'abord les brûler ou les désorganiser par l'action oxydante de l'acide azotique.

Assimilation de la silice combinée. L'accumulation des principes minéraux combinés dans les plantes terrestres peut être expliquée par un mécanisme analogue. Supposons qu'un grain de froment germe. L'amidon, d'abord liquéfié par la diastase, transformé en dextrine, puis en glucose, éprouve enfin une dernière transformation, et donne naissance à de la cellulose; celle-ci possède une certaine affinité pour la silice, est capable de la rendre insoluble, et nous avons vu qu'une dissolution de soude étendue et bouillante est impuissante à détruire la combinaison formée. Si donc une dissolution complexe, appelée par l'évaporation qui se produit dans la jeune feuille, pénètre par endosmose dans les tissus, la silice qu'elle renferme va être solidifiée. Que cette combinaison se forme au moment même où la cellulose s'organise, ou bien qu'elle se fixe sur la cellulose déjà formée, comme une teinture adhère peu à peu à une fibre végétale déjà filée ou tissée, peu importe; le point qu'il faut mettre en lumière est que la séve est appauvrie de silice, et que, dès lors, un nouvel afflux de la silice contenue dans l'eau qui baigne les racines va pénétrer dans la plante pour remplacer celle qui est devenue insoluble, comme le sulfate de cuivre précipité par l'eau de baryte, devenu insoluble dans l'expérience citée plus haut, était bientôt remplacé par une nouvelle quantité. Aussitôt donc que l'équilibre est rompu, que l'eau qui gorge la plante ne renferme plus la même quantité de silice que l'eau extérieure, une nouvelle quantité doit pénétrer pour remplacer celle qui a été précipitée.

Certainement, en même temps que la silice, sont entrées dans la jeune plante, avec l'eau qu'appelle l'évaporation, les diverses matières solubles contenues dans la terre arable; mais celles-ci restent en dissolution dans la séve, et opposent, par leur présence, un obstacle invincible à l'arrivée de nouvelles quantités.

Ce dernier point est important et nous y insistons. Nous pensons que le lecteur est convaincu qu'une matière qui devient insoluble dans la plante, par suite de la combinaison qu'elle y contracte avec un tissu ou un principe immédiat, doit s'y accumuler, et l'expérience faite avec le sulfate de cuivre et la baryte est, à ce point de vue, démonstrative. Or, si nous avons démontré par l'expérience un des points relatifs à la question que nous traitons actuellement, à savoir que la présence dans un vase poreux d'un sel en dissolution aussi concentrée que la dissolution extérieure formée s'oppose absolument à l'arrivée d'une nouvelle quantité de ce sel, nous n'avons pas encore indiqué d'expérience démontrant que si l'eau qui tient le sel en dissolution s'évapore peu à peu, de telle sorte que la dissolution intérieure se concentre, l'eau pourra pénétrer pour remplacer celle qui a disparu, en laissant au dehors le sel qu'elle tenait en dissolution.

Ainsi, dans les expériences précédentes, nous avons vu le sel se déplacer sans que l'eau l'accompagnât dans son mouvement; maintenant nous devons assister encore à une séparation entre le corps dissous et le dissolvant, mais le dissolvant seul se déplacera, abandonnant le corps dissous.

Expériences de Th. de Saussure. La preuve de cette

séparation nous est donnée par Th. de Saussure dans ses expériences classiques sur l'absorption de diverses dissolutions par les plantes (*Recherches chimiques sur la végétation*, page 247). On sait que l'illustre physiologiste plaça des pieds de *polygonum persicaria* ou de *bidens canabina*, bien pourvus de leurs racines, dans des dissolutions, et qu'il les y a maintenus jusqu'au moment où ils avaient fait disparaître par évaporation la moitié de l'eau dans laquelle ils végétaient. Th. de Saussure analysa l'eau restant dans les vases, quand l'expérience fut terminée; il constata que « les plantes avaient absorbé toutes les substances qui leur avaient été présentées, mais qu'elles avaient sucé l'eau en beaucoup plus grande raison que les corps qui étaient dissous. » Cette expérience nous donne donc la démonstration dont nous avions besoin; elle nous prouve que lorsqu'un sel se trouve dans les liquides qui gorgent la plante en quantité égale à celle qui existe dans la dissolution extérieure, il cesse de pénétrer dans la plante, sans que cependant le mouvement de l'eau soit interrompu.

Il est bien clair que, plus les sels qui se trouvent dans l'eau y sont en dissolution concentrée, plus aussi la quantité qui pénètre dans la plante est grande: aussi rencontre-t-on dans les plantes tropicales des quantités parfois considérables de salpêtre; les betteraves venues sur des terres très-salées se chargent également de sel; et enfin, lorsque les eaux que renferme le sol se concentrent par évaporation, les plantes cessent de pouvoir y vivre.

Diffusion des matières solubles au travers des colloïdes. Dans les pages précédentes nous étendons à une plante fixée dans la terre par ses racines les résultats obtenus avec des dissolutions. L'assimilation est-elle possible? Peut-on admettre que la diffusion aura lieu au travers de la terre arable et au travers des tissus de la plante, comme au travers de l'eau et d'un vase poreux? Pour être convaincu que cette assimilation est légitime, on n'a qu'à rappeler un des faits constatés par Th. Graham dans ses mémorables recherches sur la diffusion. On sait qu'il a été conduit à diviser, par rapport à cette propriété, tous les corps en deux grandes classes: les matières colloïdes, telles que la gomme, la gélatine, etc.; et les matières cristalloïdes, qui, ainsi que leur nom l'indique, sont susceptibles de prendre des formes cristallines. Les corps cristalloïdes se diffusent, non-seulement très-bien dans l'eau, c'est-à-dire qu'ils s'y déplacent, comme nous l'avons dit déjà, en dehors de tout mouvement du liquide, mais encore ils se diffusent également bien dans les colloïdes. Ainsi, qu'on place, à l'imitation de Th. Graham, dans une éprouvette étroite, une gelée d'amidon, puis qu'on dépose au fond du vase une dissolution colorée, et l'on verra cette dissolution monter dans l'amidon et le colorer peu à peu; dans toute autre matière gélatineuse, la dissolution eût cheminé de même, et l'on est en droit d'affirmer que la plupart des sels se diffusent encore avec la même facilité dans un sol argileux.

Il est un point, cependant, sur lequel il importe d'insister: les colloïdes en dissolution ne se diffusent pas au travers des masses colloïdales comme au travers de l'eau. Ainsi, s'il est possible de faire cheminer du chlorate de potasse au travers de la gelée d'amidon, on ne réussirait pas à y diffuser de la gomme, et l'on pourrait se demander si la silice, facile à obtenir en gelée, n'est pas un colloïde, et, par suite, si la terre argileuse, colloïdale elle même, n'opposera pas un obstacle absolu à sa diffusion. Cette objection serait sérieuse pour une dissolution concentrée de silice; mais on voit, dans les expériences de dialyse de Th. Graham (*Annales de chimie et de physique*, 3e série, 1862, t. LXV, page 169), que l'acide silicique soluble et très-dilué a toujours traversé la membrane colloïdale, et cette expérience suffit

NUTRITION DES VÉGÉTAUX.

à expliquer comment les dissolutions extrêmement étendues, répandues dans la terre arable, peuvent y circuler.

Une objection plus sérieuse peut être faite à la théorie que nous proposons. Nous attribuons l'accumulation de la silice, dans les graminées, à la combinaison que cette silice contracte avec la cellulose, et l'on peut se demander pourquoi tous les végétaux ne renferment pas de la silice, puisque tous renferment de la cellulose. Pour que cette objection fût fondée, il faudrait admettre que le squelette de toutes les plantes est formé par la même variété de cellulose; mais cette opinion n'est plus soutenable, aujourd'hui que M. Frémy a constaté que les tissus des végétaux sont constitués par des matières isomériques mais non identiques, et très-diversement attaquées par le réactif de Schweizer, obtenu en dissolvant le cuivre dans l'ammoniaque.

Il nous paraît donc probable que si les graminées se chargent de silice, tandis que les légumineuses n'en prennent pas, cette différence est due à l'existence, dans les premières, d'une cellulose capable de se combiner avec la silice, tandis que la cellulose des légumineuses, isomère, mais non identique à la précédente, ne peut contracter une union semblable.

§ VIII. — *Assimilation dans les végétaux des phosphates et des bases.*

Si les bases se rencontraient toujours dans les végétaux à l'état insoluble, comme la chaux à l'état d'oxalate ou de carbonate, leur accumulation serait produite par des causes semblables à celles qui déterminent l'assimilation de la silice par les graminées; mais, en réalité, il n'en est pas ainsi, et l'on rencontre souvent dans les tissus des matières minérales en quantités notables, bien qu'elles y soient en dissolution: le tartrate de potasse dans les raisins, le citrate et l'oxalate de potasse dans les pommes de terre, l'oxalate de potasse encore dans les betteraves et dans les oseilles, sont en dissolution dans les liquides qui gorgent les cellules; il en est de même des phosphates, qui, dans les feuilles ou dans les tubercules, restent solubles, et ne se précipitent que lorsque l'albumine qu'ils accompagnent se coagule.

Pour comprendre le mécanisme de l'assimilation des matières minérales qui sont en combinaison dans les végétaux, mais qui y forment des combinaisons solubles, nous allons recourir encore une fois aux expériences exécutées à l'aide de vases inertes.

Supposons qu'on place de l'eau distillée dans un vase poreux de la pile de Bunsen, et qu'on immerge celui-ci dans une dissolution complexe, formée, par exemple, de bicarbonate de soude et de chlorure de potassium: on reconnaîtra, après quelques jours, que les deux sels sont entrés en quantités égales dans l'eau intérieure, ils se sont diffusés avec la même rapidité. Changeons maintenant le liquide contenu dans le vase poreux et plaçons à l'intérieur un acide, et voyons ce qui arrivera. L'expérience a porté sur un mélange de $3^{gr},111$ de bicarbonate de potasse et de $3^{gr},111$ de sel marin dissous dans les 150 centigrammes du vase extérieur; intérieurement, on avait placé 50 centimètres cubes d'acide sulfurique très-dilué. Après vingt-quatre heures, on a trouvé que la liqueur extérieure avait perdu $0^{gr},825$ de bicarbonate de potasse, et seulement $0^{gr},210$ de sel marin; on a reconnu que la diffusion avait eu lieu du vase extérieur vers l'acide intérieur, car la liqueur extérieure ne renfermait que des traces d'acide sulfurique.

On peut conclure de ces essais que la présence dans le vase poreux d'une substance capable de se combiner avec l'un des sels contenus dans le vase extérieur détermine la diffusion plus abondante de celui-ci. Cette cause perturbatrice modifie donc profondément les lois de la diffusion; tous les éléments solubles n'entrent plus avec la même vitesse: l'un s'accumule rapidement dans

NUTRITION DES VÉGÉTAUX.

le vase poreux, tandis que l'autre, sollicité seulement par la force de diffusion, n'y pénètre qu'avec une certaine lenteur, et si l'on met fin à l'expérience après un certain temps, on pourra dire que le vase poreux renfermant un acide a fait une sorte de choix dans les substances qu'il avait à sa disposition, et qu'il a pris l'une en plus grande quantité que l'autre.

Revenons maintenant aux plantes, et considérons une pomme de terre dont les tubercules sont enfouis dans une terre meuble suffisamment humide et renfermant, par exemple, du carbonate de potasse et du sel marin. Par suite probablement d'un phénomène d'oxydation de l'amidon contenu dans les tissus, des acides tels que l'acide citrique ou l'acide oxalique apparaissent; ils s'unissent au carbonate de potasse qui a pénétré par diffusion dans les cellules de la pomme de terre, comme l'acide sulfurique s'unirait au carbonate de potasse qui est entré dans le vase poreux. Aussitôt, au reste, que la combinaison est faite, l'eau qui gorge les tissus du tubercule est moins riche en carbonate de potasse que l'eau du sol, et une nouvelle quantité doit pénétrer par diffusion pour remplacer celle qui a contracté une combinaison avec les acides formés.

On expliquerait, par des considérations analogues, l'assimilation des phosphates qui se rencontrent à l'état soluble dans les jeunes feuilles, dans les tubercules, et qui s'y trouvent en combinaison, ainsi que nous l'avons vu plus haut, § IV. On se rappelle qu'on trouve, en effet, dans du jus de pomme de terre par exemple, avant que l'albumine ait été coagulée par l'ébullition, une proportion sensible de chaux et d'acide phosphorique qui ne pourraient rester en dissolution dans une liqueur neutre, s'ils n'y étaient maintenus par une combinaison; et c'est précisément à l'existence de celle-ci que nous attribuons la pénétration des phosphates qu'on rencontre toujours associés aux matières azotées et qui sont peut-être nécessaires à leur formation.

§ IX. — *Accumulation dans les feuilles de substances solubles dans l'eau chargée d'acide carbonique et insolubles dans l'eau pure.*

Il existe un certain nombre de matières susceptibles de se dissoudre dans l'eau chargée d'acide carbonique, mais insolubles dans l'eau pure: ce sont précisément ces matières qui finissent par former entièrement les cendres contenues dans les feuilles, et il était important de reconnaître ce qui arriverait lorsqu'on soumettrait à l'évaporation spontanée un mélange d'une de ces matières et d'un sel soluble d'ans l'eau pure. On se servit comme appareil d'évaporation d'une bande de gaze ou d'une mèche de coton dans lesquelles le liquide monte facilement par capillarité, ainsi qu'il est facile de le constater en mouillant la bande de gaze et en la plaçant dans une dissolution colorée.

Pour reconnaître si cette évaporation pouvait faciliter le dépôt des substances insolubles dans l'eau, mais solubles dans l'eau chargée d'acide carbonique, on disposa l'expérience suivante: Dans deux vases de verre de forme semblable on plaça respectivement des dissolutions de bicarbonate de chaux et de sel marin; des bandes de gaze plongeaient par l'une de leurs extrémités dans les liquides, et les deux sels s'élevaient dans le tissu.

L'expérience fut arrêtée après quelques jours, et l'on dosa les sels restant dans les deux dissolutions. On connaissait le titre primitif, on put ainsi déterminer quelles étaient les quantités de sels qui s'étaient fixées sur les bandelettes; on reconnut que la dissolution de sel marin avait perdu 27 pour 100 du sel primitif, et le bicarbonate de chaux 62 pour 100. La raison de cette différence nous paraît analogue à celle que nous avons donnée plus haut: pour que l'équilibre d'une dissolution soit établi, il faut que le sel obéissant à la force de diffusion existe en quantité semblable dans tous les points du liquide; si cet équilibre est rompu par une cause quelconque, si le sel disparaît en un point, une nouvelle quantité de sel se dirige vers le point où s'est manifestée la cause perturbatrice. Or, le bicarbonate de chaux en dissolution dans l'eau est un corps très-facile à décomposer: exposé à l'évaporation, l'acide carbonique en excès se dégage, et du carbonate de chaux se précipite; les stalactites, si abondantes dans les grottes des pays calcaires, n'ont pas une autre cause. Le sel marin, au contraire, est très-stable et ne se décompose nullement par l'évaporation. On conçoit donc que, dans les deux vases, il se produise des effets très-différents. Dans l'un, l'eau chargée d'acide carbonique et de carbonate de chaux va s'élever dans les bandes de tulle, mais bientôt, l'acide carbonique abandonnant le carbonate de chaux, celui-ci devient insoluble et se précipite. Dès lors l'équilibre est rompu; de l'eau plus pauvre en carbonate de chaux que celle de la dissolution existe dans les bandes de gaze, et une nouvelle quantité de bicarbonate de chaux va être attirée pour combler le vide qu'a causé l'opération. Cette nouvelle quantité de carbonate de chaux se précipitera à son tour, et le même phénomène se reproduisant constamment, la liqueur s'appauvrira rapidement au profit des bandes de gaze qui se chargent d'une quantité croissante de carbonate de chaux.

Il n'en sera pas de même du sel marin; l'eau, en s'évaporant dans les bandes de gaze, va y laisser une dissolution plus concentrée que celle qui existe dans l'eau même, et cette concentration retardera l'arrivée d'une nouvelle quantité de sel; il y aura même reflux du sel marin des bandelettes vers la liqueur, et si celle-ci s'appauvrit, c'est probablement par suite d'une sorte d'adhérence capillaire exercée par la gaze sur le sel marin.

Si nous mélangeons dans le même verre des dissolutions de sel marin et de bicarbonate de chaux, et que nous y disposions des bandes de gaze, comme il a été dit plus haut, nous obtiendrons encore des résultats semblables à ceux de l'expérience précédente: sur 100 parties de bicarbonate de chaux contenues dans la dissolution, 22 disparaissent, tandis que la liqueur ne perd dans le même temps que 5 de sel marin.

Dans une troisième expérience, on a trouvé que la dissolution avait perdu par l'évaporation dans les bandelettes 14 pour 100 du bicarbonate de chaux qu'elles renfermaient et 7 pour 100 de sel marin.

Des résultats analogues furent encore obtenus avec la silice et le sel marin placés dans un vase de verre garni de bandelettes de gaze: pendant que la liqueur ne perdait que 2,2 pour 100 de sel marin qu'elle renfermait, elle s'appauvrissait de 26 pour 100 de silice.

Enfin, le phosphate de chaux et le sel marin donnent encore des résultats semblables; tandis que la liqueur renfermait à la fin de l'expérience la même quantité de sel qu'au commencement, car on avait eu soin de tordre la mèche de coton servant d'organe d'évaporation pour en exprimer la dissolution concentrée qu'elle renfermait, on trouva que 11 pour 100 du phosphate de chaux avait disparu.

Nous avons donné la composition des feuilles de hêtre à diverses époques de leur croissance, et nous avons reconnu que dans les vieilles feuilles il n'existe plus que du carbonate de chaux et de la silice. Examinons d'abord comment cette accumulation peut avoir lieu; nous reviendrons plus loin sur la disparition des phosphates et de la potasse, qui, abondants dans les cendres des jeunes feuilles, font défaut au contraire dans les cendres des feuilles plus âgées.

Le raisonnement que nous avons appliqué à la concentration dans les mèches de coton et dans les bandes de gaze des matières insolubles dans l'eau pure, mais

solubles dans l'eau chargée d'acide carbonique, s'appliquera également à leur accumulation dans les feuilles ou dans l'écorce. Qu'une dissolution de silice ou de bicarbonate de chaux pénètre en effet dans un végétal, elle tendra à se répandre uniformément dans toute sa masse; elle arrivera aux feuilles: là elle éprouvera une modification particulière. En effet, l'acide carbonique, qui tenait les sels en dissolution, sera évaporé ou décomposé, et par suite le carbonate ou la silice seront précipités; la liqueur qui gorge la feuille ou l'écorce sera donc appauvrie de ces sels solubles dans l'eau chargée d'acide carbonique mais insolubles dans l'eau pure, et à mesure que la feuille aura plus longtemps fonctionné comme appareil d'évaporation, à mesure elle se sera enrichie de silice ou de carbonate de chaux.

Nous pouvons encore tirer des faits précédents l'explication d'une ancienne observation de Th. de Saussure: « Les cendres de l'écorce contiennent, dit-il, une beaucoup moins grande proportion de sels alcalins que les cendres du bois et de l'aubier. » — « Les cendres de l'écorce contiennent une énorme proportion de carbonate de chaux, » ajoute-t-il plus loin. Et enfin, quand il s'agit d'interpréter ce fait, il écrit: « L'écorce ne se renouvelle que très-lentement; elle est exposée pendant toute l'année au lavage de la pluie et des rosées, elle doit plus qu'aucune partie être dépouillée de sels solubles. » Th. de Saussure reconnaît au reste que cette explication est insuffisante; mais nous n'aurons pas de peine à tirer de nos expériences précédentes la raison du fait qu'il énonce.

L'écorce, comme les feuilles, fonctionne comme un appareil d'évaporation: c'est donc là que l'acide carbonique va se dégager et abandonner le carbonate de chaux qu'il tenait en dissolution; et, comme c'est dans l'écorce que la séve s'appauvrit de carbonate de chaux, c'est vers ce point que le carbonate de chaux se dirigera pour venir rétablir un équilibre à chaque instant rompu. Il n'en sera pas de même des dissolutions alcalines; elles ne se décomposent pas par l'évaporation; elles ne subissent dans l'écorce qu'une concentration encore accusée par la quantité d'alcalis que laisse cet organe à la calcination, mais qui ne forme qu'une faible fraction de la masse totale des cendres. A l'intérieur du bois, la séve est soustraite à toute cause d'évaporation, et elle doit renfermer surtout les principes solubles, dont la proportion centésimale se trouve singulièrement augmentée par suite du transport dans l'écorce des principes insolubles dans l'eau pure, mais solubles dans l'eau chargée d'acide carbonique.

On voit donc que l'explication de l'accumulation du carbonate de chaux dans l'écorce, que le partage inégal qui se fait des sels alcalins et des sels de chaux entre l'écorce et le bois, reposent encore sur les expériences faites avec le bicarbonate de chaux et le sel marin dans les vases où plongeaient les bandelettes de gaze.

Tel est, d'après les travaux que nous avons poursuivis pendant plusieurs années, le mécanisme de l'assimilation des substances minérales par les plantes[1]. Bien des points restent encore à élucider; nous n'avons d'autre prétention que d'avoir esquissé l'ensemble des phénomènes, en nous appuyant sur les remarquables expériences de diffusion de Th. Graham, qui, dès leur publication, nous avaient vivement frappé[2].

1. Mémoire couronné par l'Académie des Sciences, prix Bordin, 1865. — Le Mémoire est inséré aux *Annales des Sciences naturelles* (Botanique, 1868). — M. Landrin, licencié ès sciences, nous a prêté pendant ce travail le concours le plus dévoué.

2. Voyez, dans l'*Annuaire scientifique* de 1864, l'article *Absorption et sécrétion chez les êtres vivants*.

NUTRITION DES VÉGÉTAUX.

§ X. — *Des faits encore inexpliqués par la théorie précédente.*

Nous avons essayé d'esquisser dans les pages précédentes le mécanisme de l'assimilation des substances minérales par les végétaux; mais si cette théorie rend compte d'un grand nombre de faits, il en est d'autres encore qu'elle n'explique pas et qu'il importe de signaler, afin que les recherches se portent de préférence sur leur étude.

Nous avons signalé plus haut l'absence de la soude dans un très-grand nombre de plantes. M. Péligot l'a établie avec netteté, mais il n'en a donné aucune interprétation. Il est certainement très-curieux de voir que si on amende une terre avec de l'azotate de soude, du sel marin, même du sulfate de soude, on ne trouvera pas dans les plantes qui se développeront sur les sols qui auront reçu ces substances de traces de soude, si ces plantes ne sont pas comprises dans le catalogue très-restreint qu'a dressé M. Peligot; les pommes de terre, par exemple, négligent habituellement la soude d'une façon complète; nous en avons eu la preuve dans une expérience faite dans le champ d'expériences de l'Ecole de Grignon, où nous avons cultivé des pommes de terre qui ont été arrosées avec du phosphate, de l'azotate, du carbonate de soude ou de sel marin. Les plantes se sont parfaitement développées sans qu'on ait pu signaler de différences sensibles dans leurs croissances, quel que fût le sel de soude qu'on leur eût donné, et à l'analyse des cendres on n'a trouvé que de la potasse, pas de soude.

Des betteraves, au contraire, se chargent très-facilement de sel marin; les nombreuses analyses de salin de betteraves qui ont été faites pour les besoins du commerce le démontrent avec la plus grande netteté, et ces deux faits sont jusqu'à présent inexpliqués[1].

Il en est de même de l'accumulation dans les tissus de certaines plantes d'une quantité considérable de salpêtre: tel est notamment l'*amaranthus* qui croît dans les endroits où le salpêtre abonde, et qui finit par en fixer une telle proportion que la plante sèche fuse au feu très-facilement, et peut même s'enflammer spontanément si elle est desséchée sans précautions. — Quel est le mécanisme de cette accumulation d'un sel soluble? c'est ce que nous ignorons encore, et ce que de nouvelles recherches activement poursuivies peuvent seules nous enseigner.

§ XI. — *Sur l'influence des substances minérales sur le développement des végétaux et sur la théorie de la restitution.*

Les faits établis dans les pages précédentes peuvent-ils nous conduire à des conclusions importantes au point de vue agricole, c'est là ce qui nous reste à discuter dans ce chapitre.

On a admis, sur l'autorité de Liébig, que les substances minérales avaient pour les plantes une extrême importance, et qu'un cultivateur désireux de conserver au sol sa fertilité devait toujours lui restituer toutes les substances minérales qu'il exporte de son domaine. Cette

1. Au moment où la France recherche toutes les matières imposables, pour arriver à équilibrer son budget, il n'est pas inutile de rappeler que les sels de soude se rencontrent très-rarement dans les plantes, et que l'utilité du sel comme engrais n'a jamais été constatée d'une façon précise; il est donc grandement temps de renoncer aux phrases toutes faites sur l'utilité agricole du sel, avec lesquelles on s'efforce de repousser un impôt facile à percevoir, qui pèse sur tous, il est vrai, mais d'une façon extrêmement peu sensible. Le dernier projet soumis à l'Assemblée proposait une surtaxe susceptible de rendre environ 30,000,000 par an: c'est donc une dépense d'environ 1 franc pour chaque habitant de la France, qui serait divisée en un nombre considérable de versements, et qui n'aurait aucun inconvénient pour la production agricole.

idée est-elle exacte, et devons-nous l'accepter comme un article de foi? Pour répondre à ces questions, il faut d'abord examiner des faits précis.

Remarquons d'abord que l'analyse nous enseigne que la composition des cendres des feuilles varie singulièrement avec leur âge. Tandis que les jeunes feuilles renferment des quantités notables de potasse et d'acide phosphorique, les vieilles feuilles, au contraire, ont perdu ces éléments en même temps sans doute que les matières albuminoïdes, et, au moment où elles tombent, leurs cendres sont presque exclusivement formées de silice et de carbonate de chaux. Ces deux matières s'accumulent dans les feuilles, mais ne sont pas résorbées comme les précédentes; elles ne paraissent jouer aucun rôle dans la vie végétale. Nous nous rappelons de plus, § IX, qu'il suffit de laisser des bandes d'une étoffe légère exposées à l'action de l'air pour les voir se charger du carbonate de chaux ou de la silice dissoute dans l'eau où baigne leur extrémité: or, cette expérience nous enseigne qu'un organe d'évaporation analogue à la feuille par laquelle la plante expulse des quantités d'eau notables finit par se charger des matières dissoutes dans l'eau à la faveur de l'acide carbonique qui ne tarde pas à les y abandonner; l'accumulation des principes déposés par évaporation est un fait purement physique qui ne paraît avoir aucun intérêt pour le développement de la plante elle-même, et qui semble même parfois avoir une influence nuisible sur la végétation.

Il est donc vaisemblable que dans un grand nombre de cas la restitution absolue du carbonate de chaux et de la silice sont inutiles; c'est, au reste, ce qu'a reconnu depuis longtemps la pratique agricole, qui ne s'est jamais préoccupée de rendre au sol de la forêt la chaux contenue dans le bois enlevée au moment de l'exploitation.

Influence de la silice sur la verse des céréales. Il est à remarquer toutefois que la silice n'est pas toujours déposée par évaporation; elle est combinée avec les tissus de quelques végétaux, notamment chez les céréales. Là a-t-elle une influence, et y aurait-il avantage à restituer au sol la silice soluble qui lui est enlevée par les récoltes? On avait cru longtemps que la silice qui se rencontre dans les pailles des céréales contribuait à leur donner une rigidité suffisante pour qu'elles puissent supporter le poids de leurs épis et échapper à la verse; on tira naturellement de cette première idée la conclusion que les céréales qui versaient ne renfermaient pas assez de silice et qu'il pouvait être utile de leur en fournir. En examinant la question de près, M. Isidore Pierre arriva bientôt à reconnaître sur quelles illusions est bâtie cette prétendue utilité de la silice. Quand on examine séparément les feuilles, les nœuds et les tiges des céréales, on reconnaît que la silice est beaucoup plus abondante dans les feuilles que dans les autres organes. Or cette feuille présente deux parties différentes : une gaîne allongée qui, partant du nœud correspondant, enveloppe la tige sur une longueur d'environ 10 à 12 centimètres; cette gaîne doit protéger la portion de la tige qu'elle entoure comme le fourreau d'une épée en protége la lame, et, à ce point de vue, la silice peut avoir dans la feuille où elle s'accumule une certaine utilité. Mais dans les blés exposés à la verse, le limbe qui surcharge la tige de son poids a subi un accroissement considérable, tandis que la gaîne protectrice de la tige n'a pas sensiblement varié dans ses dimensions; l'équilibre naturel peut donc tendre à se rompre par suite de cette végétation luxuriante malgré la présence d'une plus forte proportion de silice dans la plante : « de telle sorte que, s'il était possible de rogner les feuilles d'un blé trop fort, il y aurait quelque chance de prévenir la verse, en privant le blé d'une partie de la silice que contiendrait la feuille. »

Il est, en effet, reconnu depuis longtemps que les blés les plus exposés à verser sont ceux chez lesquels les feuilles ont acquis le plus grand développement. Si l'on fait un rapprochement entre ce fait et la plus grande accumulation de silice dans les feuilles, on ne sera plus surpris de voir que la paille d'un blé versé soit souvent plus siliceuse que celle d'un autre blé qui aura résisté aux causes de verse. Les blés les plus feuillus sont plus portés à verser pour deux raisons: la première, c'est que le pied de la tige couvert par l'ombre des pieds voisins s'étiole, devient blanc et mou; la seconde, c'est que les feuilles plus développées sont pour ces tiges molles un fardeau plus lourd à supporter donnant plus de prise au vent, se surchargeant davantage à l'humidité. On a observé depuis longtemps, au reste, que le blé des terres pauvres ne verse presque jamais, et il est probable que, moins ombragé par ses feuilles, le pied de ses maigres tiges est mieux aéré et par suite plutôt dur et résistant.

M. Velter, ex-répétiteur à Grignon, conclut aussi, des recherches qu'il a poursuivies à cette école, que la verse du blé n'a aucune liaison avec la quantité de silice que cette plante rencontre dans le sol. Ce chimiste a essayé directement sur le blé de printemps l'action du silicate et du carbonate de potasse; le blé de ces parcelles a versé tout autant que celui des parcelles qui n'avaient pas reçu d'engrais alcalin, tandis que la verse a été beaucoup moindre dans une dernière parcelle où le blé avait été éclairci et divisé en petits carrés de $0^m,30$ de côté. Après la récolte, M. Velter a eu l'ingénieuse idée de déterminer par l'expérience la résistance à la rupture que présentent les tiges des diverses parcelles cultivées. Un faisceau de dix tiges fut fixé par son extrémité et l'on détermina sa flexion, d'abord sous le poids de ses épis, et ensuite de poids ajoutés régulièrement jusqu'à la rupture : celle-ci arrive pour le blé silicaté quand il porte 77 grammes, tandis que le blé éclairci ne fléchit que sous un poids de 104 grammes. Enfin M. Velter détermina la composition des cendres des pailles sur lesquelles avaient porté ses expériences: le blé silicaté le plus facile à rompre, celui qui avait versé le plus complétement, renfermait 70 de silice dans 100 de cendres, tandis que le blé éclairci en renfermait 65. Il ressort donc clairement de ce travail, comme des analyses de M. I. Pierre, que la silice n'a pas sur la verse des blés l'influence que très-légèrement on lui avait attribuée; et que, pour éviter la verse, il faut s'efforcer de ne pas exagérer le développement herbacé du blé; c'est ce que savent très-bien les cultivateurs habiles qui ne mettent jamais le blé directement sur une fumure, mais qui le font précéder d'une récolte de racines pour lesquelles un grand développement de feuilles n'est plus à craindre.

Restitution de la potasse. Les ouvrages des chimistes allemands, et notamment de Liebig, proclament l'utilité de la potasse: c'est surtout à propos de cette matière qu'ils établissent l'importance de la restitution complète des quantités exportées hors du domaine. On sait, en effet, que la quantité de potasse que l'agriculture fournit au commerce est considérable ; l'exportation de cet alcali a lieu surtout dans les pays où l'on cultive les betteraves. Quand, en effet, on a traité les jus sucrés, on obtient à la fin du traitement des mélasses qui ne donnent plus de sucre par cristallisation; elles sont alors traitées par l'acide sulfurique pour métamorphoser en glucose le sucre qu'elles renferment encore, puis soumises à la fermentation et distillées ; enfin les vinasses évaporées et calcinées laissent des salins vendus à l'industrie chimique qui prélève ainsi sur le sol arable une quantité notable de potasse; l'exportation d'alcali étant considérable, il semblerait qu'il devrait y avoir un avantage marqué à restituer à la terre la potasse qui lui a été enlevée.

Il faut se rappeler toutefois que si la potasse est par-

fois combinée à l'acide phosphorique et le suit dans ses migrations, elle est souvent aussi unie à des acides végétaux : c'est le cas notamment dans les oseilles, dans les raisins, dans les tabacs, et probablement aussi dans les pommes de terre et les betteraves; or ces acides végétaux paraissent être des produits secondaires, des produits d'oxydations qui n'ont pas sans doute grand intérêt pour le développement même de la plante. On conçoit en effet, d'après ce qui a été dit plus haut, que l'apparition dans la plante d'un acide végétal détermine l'absorption d'une quantité équivalente de base et notamment de potasse qui est la plus soluble qui se trouve dans le sol; or, si cet acide végétal n'a par lui-même aucune utilité pour le développement de la plante, si c'est un produit de combustion, comme l'est l'urée pour les animaux, la base qui vient le saturer n'a pas non plus de rôle bien défini, et il ne suffit pas de la trouver dans les cendres pour affirmer *à priori* que la plante ne saurait se développer normalement sans elle.

Des essais réguliers sont donc nécessaires pour établir l'utilité de la potasse et par suite l'importance qu'a sa restitution au sol qui l'a fournie.

Ces essais ont été exécutés à l'École de Grignon par l'auteur de cet article pendant les années de 1866-1867, et on peut les résumer comme suit :

On a fait treize essais d'emploi des sels de potasse à la culture des betteraves, sur trois terres très-différentes et pendant deux saisons, et dans *ces treize essais l'emploi des sels de potasse a été désavantageux :* c'est-à-dire que la faible augmentation de rendement, qui s'est produite irrégulièrement au reste, a été insuffisante pour payer la dépense qu'a nécessitée l'achat des engrais.

On a fait encore *treize essais d'emploi des sels de potasse sur la culture des pommes de terre*, etc. Ces essais, comme les précédents, ont eu lieu pendant deux saisons et sur des terres d'espèces très-différentes; onze fois sur treize on a été constitué en perte.

On a fait encore pendant les saisons 1866, 1867, sur deux terres différentes, douze essais d'emploi des sels de potasse sur la culture du froment, et dix fois sur douze on a obtenu des bénéfices.

Il est donc bien remarquable de voir que la potasse qui ne se rencontre qu'en faibles quantités dans le froment ait eu cependant sur son développement une influence des plus heureuses, tandis qu'elle n'en a exercé aucune sur les plantes telles que la betterave et la pomme de terre, dont les cendres en accusent une proportion beaucoup plus considérable[1].

Les résultats obtenus en 1866 sur la luzerne, à l'aide des engrais de potasse, n'ont pas été avantageux; mais il en aurait peut-être été autrement sur une jeune luzerne, ou sur un sol moins riche déjà en potasse soluble que celui sur lequel nous avons opéré.

Ainsi les engrais de potasse employés, et qui venaient les uns de l'usine de Kalk, près Cologne, et les autres des usines de M. H. Merle, à Alais, ont été avantageux sur la plante qui dans ses cendres avait le moins de potasse; ils ont été au contraire inutiles sur celles qui en renferment une quantité plus considérable, de telle sorte qu'on reconnaîtra qu'il faut tirer de ces expériences cette conclusion : « *qu'il n'est pas possible de tirer de*

1. D'après des expériences récemment publiées en Allemagne, la potasse et particulièrement le chlorure de potassium exercerait une influence remarquable sur le sarrazin (*pagopyrum tataricum*). (Ueber die Organische Leistung des Kalium in der Pflanze, von F. Nobbe, J. Schroeder und R. Erdmann, Cheimnitz, 1871.) La photographie, jointe au mémoire, montre que les pieds qui ont végété dans de l'eau chargée de chlorure de potassium ont atteint plus d'un mètre de haut, tandis qu'un pied qui avait été maintenu dans une dissolution saline privée de potasse n'a pas atteint 5 centimètres.

l'analyse des cendres d'une plante l'indication de la nature des engrais qu'il convient de lui donner[1]. »

Il ressort donc des expériences précédentes, des conclusions auxquelles sont arrivés les laborieux agronomes de Rothamsted, qu'une matière minérale peut se rencontrer avec abondance dans les cendres d'une plante, sans avoir cependant d'importance pour son développement; il en ressort manifestement que la théorie de la restitution absolue de tous les éléments minéraux enlevés par la culture est loin d'être exacte.

Cette doctrine repose, en effet, sur une idée *a priori :* on a reconnu dans les cendres d'une plante tel élément minéral, et on en a conclu que cet élément minéral était nécessaire à la croissance; on a raisonné avec autant de justesse qu'un ingénieur qui, reconnaissant dans toutes les chaudières des machines à vapeur des incrustations calcaires, en conclurait que la présence de la chaux dans les eaux d'alimentation est nécessaire à la marche de la machine.

Au reste, nous n'avons pas à nous appuyer ici seulement sur des considérations théoriques; la pratique agricole est avec nous. L'agriculture moderne présente en effet, aujourd'hui, un marché ouvert à tous les engrais réellement utiles : eh bien, malgré tous les efforts qui ont été tentés, on n'a pas pu arriver jusqu'à présent à établir des transactions importantes sur les sels de potasse, et tandis que les agriculteurs n'hésitent pas à consommer des quantités notables de phosphate et à acheter à des prix élevés les matières azotées, ils délaissent presque complétement les engrais de potasse, ce qui certainement n'aurait pas lieu si la potasse avait une influence marquée sur le développement des végétaux.

Restitution des phosphates. Si nous reconnaissons que la doctrine de la restitution au sol des matières minérales enlevées par la culture est exagérée, en ce sens qu'elle s'applique sans distinction à toutes les substances qu'on rencontre dans les cendres des végétaux, nous sommes loin de vouloir imposer une opinion opposée et proclamer que le cultivateur ne doit se préoccuper d'aucune de ces matières minérales; nous avons professé depuis longtemps au contraire que les phosphates présentent une utilité incontestable, et nous avons été un des premiers à préconiser l'emploi des gisements de phosphate qu'on a découverts en France. (*Comptes rendus*, t. XLIV, p. 13, 1857.)

Là, en effet, les faits parlent d'eux-mêmes; il est incontestable que les phosphates font en quelque sorte partie intégrante des matières albuminoïdes, puisqu'on les rencontre toujours associés à elles, les suivant dans leurs migrations, participant à leurs propriétés; il faut donc répéter avec Th. de Saussure, dont la sagacité est rarement en défaut, qu'il n'y a aucune raison de croire que les plantes puissent exister sans eux.

Il faut se rappeler, en outre, que le phosphore est loin d'être aussi répandu que la potasse. Les roches primitives du globe n'en renferment pas; il ne fait pas partie

1. Nous avons formulé cette conclusion qui ressort nettement de nos expériences devant la Société chimique, dans la séance du vendredi 21 février 1868, et le lendemain nous avons trouvé dans la *Revue des Cours scientifiques* (5e année, n° 12, 22 février 1868) une confirmation bien précieuse pour nous, car elle prouve que nous sommes arrivé aux mêmes conclusions que MM. Lawes et Gilbert. Nous trouvons, en effet, dans le discours prononcé par M. le général Sabine, à la séance publique de la Société royale de Londres, une citation des deux célèbres agronomes de Rothamsted, ainsi conçue : « Il est surprenant de reconnaître que la tendance des recherches agricoles semble être de montrer la fausseté d'une science reposant sur l'analyse chimique de la composition d'une plante, pour se diriger dans le choix des matières qui doivent lui être données comme engrais. »

des granites, des gneiss, des porphyres, et c'est seulement dans les terres volcaniques ou dans les terres d'alluvion qu'on le rencontre avec quelque abondance. Il est clair, par conséquent, que si, d'une part, les phosphates sont nécessaires à la végétation; si, d'autre part, ils sont très-peu abondants dans le sol, il est nécessaire de restituer ceux que la culture enlève fatalement avec toutes les matières exportées du domaine, ceux enfin qui sont entraînés en dehors du sol cultivé par d'autres causes que nous ne pouvons exposer ici. (Voyez mon *Cours de chimie agricole*, chez Hachette, page 369.)

Les agriculteurs au reste ne s'y sont pas trompés, et autant ils se sont montrés récalcitrants pour acquérir des sels de potasse, autant au contraire ils ont mis d'empressement à acheter des phosphates. L'exploitation des phosphates fossiles a pris en France, en Angleterre, en Espagne, une immense extension; les guanos phosphatés sont importés en Europe de toutes les contrées du globe, enfin la consommation d'acide sulfurique pour transformer les phosphates fossiles en superphosphates s'accroît chaque jour.

En résumé, si la restitution de la chaux et de la silice paraît inutile, si celle de la potasse n'a habituellement qu'une médiocre importance, il n'en est plus de même pour l'acide phosphorique. Cette substance paraît absolument nécessaire à la formation des matières albuminoïdes, et le cultivateur doit se préoccuper d'en donner à son sol des quantités suffisantes pour que les plantes le trouvent toujours à leur disposition.

CHAPITRE V.

FORMATION DES PRINCIPES IMMÉDIATS DANS LES VÉGÉTAUX.

Nous avons indiqué dans les chapitres précédents le mode d'assimilation du carbone, de l'azote, des matières minérales, et il convient maintenant de rechercher comment ces diverses matières sont mises en jeu pour former les principes immédiats et variés qui se trouvent dans les plantes et dont l'industrie les extrait avec tant d'avantage.

Le mode de formation des principes immédiats est encore à peine connu, et nous ne pourrons donner sur ce sujet au lecteur que des hypothèses reposant sur un nombre de faits suffisants pour aborder le problème, mais infiniment trop peu nombreux pour le résoudre.

§ I. — *Les hydrates de carbone.*

Depuis longtemps les chimistes sont frappés de ce fait remarquable que les principes les plus abondants des végétaux peuvent être représentés par du carbone et de l'eau: en effet, les glucoses se formulent $C^{12}H^{12}O^{12}$; les sucres de canne $C^{36}H^{22}O^{22}$; les diverses variétés d'amidon $C^{36}H^{30}O^{30}$; enfin les celluloses semblent présenter la même formule ou un multiple.

Or, si on se reporte au chapitre II, § V, on se rappellera que la première matière qui apparaît, au moment où l'acide carbonique est décomposé sous l'influence de la lumière solaire, est le glucose qu'on rencontre abondamment dans les feuilles herbacées dans les premiers temps de la végétation et qui nous paraît être le point de départ de tous les autres hydrates de carbone.

Quelques physiologistes admettent, il est vrai, que le premier principe formé dans les plantes est l'amidon qu'on trouve habituellement associé à la chlorophylle dans les cellules; mais l'abondance avec laquelle le glucose apparaît dans le jeune âge, et au contraire le caractère de matière en réserve que présente l'amidon, nous autorisent à maintenir l'opinion que nous soutenons après plusieurs années, à savoir que le premier principe immédiat formé est le glucose. Il ne serait pas improbable au reste que ce glucose éprouvât constamment une modification l'amenant à l'état d'amidon; cet amidon, ainsi formé dans la feuille même, serait celui qu'on voit apparaître, puis disparaître en quelques heures, dans les feuilles en pleine activité de végétation.

Nous aurons au reste occasion de revenir sur ce point au moment où nous parlerons des migrations des principes immédiats.

M. Berthelot le premier a comparé les sucres à des alcools; il les considère comme des alcools polyatomiques, et les métamorphoses qu'ils présentent rappellent, en effet, celles que donnent les alcools eux-mêmes.

On sait, par exemple, que la plupart des chimistes considèrent l'éther comme formé par la combinaison de deux parties d'alcool avec élimination d'eau; la formation de l'éther éthylique, dit éther sulfurique, serait ainsi représentée par la formule:

$$C^4H^6O^2 + C^4H^6O^2 = C^8H^{10}O^2 + 2\,H\,O.$$

Or, si on compare la formule du sucre de canne à celle du glucose, on voit que ces deux combinaisons peuvent être rapprochées par une équation analogue; nous aurons encore:

$$\underbrace{C^{12}H^{12}O^{12}}_{\text{glucose.}} + \underbrace{C^{12}H^{12}O^{12}}_{\text{glucose.}} = \underbrace{C^{24}H^{22}O^{22}}_{\text{sucre de canne.}} + 2HO$$

Il est impossible, il est vrai, de vérifier cette formule par des expériences synthétiques: nous ne savons pas former le sucre de canne avec le glucose. Mais la transformation inverse est facile à établir, et c'est non-seulement dans le laboratoire qu'on métamorphose le sucre de canne en glucose, mais aussi dans la grande industrie de la distillerie quand on veut faire fermenter le sucre contenu dans les betteraves; enfin il est à remarquer que, lorsqu'on étudie l'ordre dans lequel se succèdent les principes immédiats dans les végétaux herbacés, on trouve toujours que le sucre de canne apparaît après le glucose.

L'amidon qui est si abondant dans les végétaux, et qui se dépose dans leurs organes pour fournir à la formation des principes immédiats qui constituent les jeunes tissus, paraît provenir d'une transformation analogue. On sait en effet que, lorsqu'on fait agir la diastase sur l'amidon, on le transforme en glucose et en dextrine, de telle sorte que sa destruction se représenterait encore par une équation analogue aux précédentes, et on aurait:

$$\underbrace{C^{36}H^{30}O^{30}}_{\text{amidon.}} + 2HO = \underbrace{C^{24}H^{20}O^{20}}_{\text{dextrine.}} + \underbrace{C^{12}H^{12}O^{12}}_{\text{glucose.}}$$

Quant à la dextrine elle-même, elle se métamorphose à son tour en glucose par une nouvelle addition d'eau

$$C^{24}H^{20}O^{20} + 6\,H\,O = 2\,C^{12}H^{12}O^{12}.$$

Par suite, l'amidon nous apparaît comme formé par l'agglutination de trois molécules de glucose avec élimination de six parties d'eau

$$C^{36}H^{30}O^{30} + 6\,H\,O = 3\,(C^{12}H^{12}O^{12}).$$

Les celluloses sont représentées dans cet ordre d'idées par des formules encore plus complexes: $C^{48}H^{40}O^{40}$, et dériveraient de l'agglutination de quatre parties de glucose avec élimination de huit parties d'eau.

Toutes ces transformations synthétiques, nous le répétons, n'ont pas été exécutées dans le laboratoire, et par suite il existe encore quelques doutes sur l'hypothèse présentée par M. Berthelot dans ses belles leçons sur les matières sucrées; mais il faut reconnaître cependant que les procédés à simplification systématique faciles à employer justifient cette manière de voir ainsi que les recherches physiologiques qui indiquent que les principes immédiats apparaissent dans l'ordre indiqué plus haut.

Les phénomènes thermiques qui accompagnent la formation des hydrates de carbone n'ont pas encore été étudiés d'une façon complète: nous ignorons si le glucose absorbe de la chaleur pour former du sucre de canne; mais il n'en est pas moins probable que la chaleur qui intervient dans un si grand nombre de phénomènes chimiques doit atteindre également un certain degré d'intensité pour déterminer les unions précédentes, de telle sorte que nous sommes conduits à rechercher si les végétaux ne sont pas le théâtre de quelques réactions capables de fournir la chaleur nécessaire, sans doute, aux métamorphoses qui s'y produisent.

§ II. — *De l'absorption d'oxygène et de l'émission d'acide carbonique par les végétaux.*

Nous avons déjà vu, dans le premier chapitre de cet article consacré à l'étude de la germination, que les graines soumises à l'action de l'air et de l'humidité absorbent une certaine quantité d'oxygène et émettent de l'acide carbonique; cette combustion interne accompagne la formation de tissus nouveaux et représente dans une certaine mesure le phénomène qui se produit dans les autres organes et même dans les feuilles quand celles-ci sont soustraites à l'action directe du soleil.

Les feuilles, en effet, sont le siége de deux actions complétement différentes. Exposées à la lumière solaire, elles déterminent la décomposition de l'acide carbonique et de l'eau, elles forment du glucose, elles agissent comme organe de nutrition en élaborant une nouvelle quantité de matière végétale; mais le glucose n'est pas le seul produit qu'on y trouve: on y rencontre encore de l'amidon, de la chlorophylle, enfin des matières albuminoïdes, toutes ces matières, ainsi qu'il a été dit plus haut, ne se forment qu'autant qu'une certaine quantité de chaleur est mise en jeu, et celle-ci paraît provenir non-seulement de la chaleur solaire, mais aussi des réactions qui se produisent sous l'influence de l'oxygène atmosphérique.

Pour observer aisément cette absorption d'oxygène et l'élimination d'acide carbonique qui l'accompagne, il convient d'opérer dans l'obscurité de façon à laisser de côté d'une façon complète le phénomène de *nutrition* qui se produit sous l'influence de la lumière, et qui masque complétement la fonction de *respiration* dont nous nous occupons maintenant.

Or, quand on laisse des feuilles dans l'obscurité, on remarque immédiatement une émission d'acide carbonique, qui s'accroît en quelque sorte régulièrement à mesure que la température s'élève: c'est un des seuls phénomènes végétaux qui soient ainsi favorisés par la chaleur obscure; car, ainsi que nous l'avons vu, c'est seulement sous l'influence de la lumière qu'a lieu la décomposition de l'acide carbonique, et c'est encore sous l'influence de la lumière que se produit l'évaporation de l'eau, la *transpiration des feuilles*, ainsi que nous le verrons dans le chapitre suivant.

Des expériences instituées récemment au Muséum d'histoire naturelle par M. H. Moissan et l'auteur de cet article démontrent clairement que la quantité d'acide carbonique, émise par des feuilles, passe du simple au double quand la température varie de 15 à 30°. Des faits analogues avaient été observés autrefois par M. Garreau, de telle sorte qu'on peut considérer comme définitivement acquis que la chaleur obscure est l'agent qui favorise particulièrement le phénomène de respiration.

Or tous les horticulteurs savent combien il est important pour hâter le développement des plantes de les maintenir à un degré de chaleur assez élevé; ils reconnaissent qu'il y a avantage à perdre une certaine quantité de lumière pour gagner de la chaleur obscure, puisqu'ils placent leurs plantes sous cloche, sous des bâches, dans des serres où la lumière ne pénètre qu'après s'être partiellement dispersée sur la surface du verre, mais où, au contraire la température s'élève de plusieurs degrés au-dessus de la température ambiante.

Ainsi, d'une part, la respiration végétale se trouve accélérée par la chaleur obscure; d'autre part, la croissance de la plante est favorisée par cette même chaleur obscure, de telle sorte qu'il semble que la croissance se trouve être ainsi liée à cette combustion interne.

La quantité d'acide carbonique émise par les feuilles dans l'obscurité est assez considérable, elle atteint et même surpasse celle qu'émettent les animaux inférieurs; à égalité de température, on a trouvé que des grenouilles respirant pendant dix heures donnaient une quantité d'acide carbonique infiniment plus faible que celles que fournissent, à poids égal, les feuilles de tabac, de moutarde, ou d'oseille, mais comparable à celle que fournit le pin maritime.

Pour fixer les idées, nous donnerons quelques-uns des chiffres qui ressortent des expériences que nous avons entreprises récemment, M. Moissan et moi, et qui seront prochainement insérées aux *Annales des sciences naturelles, Botanique*, tome XIX, 5e série.

En 10 heures, 100 grammes de feuilles de moutarde ont donné à 14° 0gr.240 d'acide carbonique; à cette même température, 100 grammes de feuilles d'oseille en ont fourni 0gr.159 et les feuilles de tabac également 0gr.159; ce nombre est tombé à 0gr.095 pour les aiguilles de pin maritime. Pour bien apprécier ces chiffres, il faut les comparer à ceux que fournissent les animaux: or, à cette même température, les grenouilles ne donnaient pendant le même temps que 0gr.063 d'acide carbonique. Ainsi, les animaux à sang froid, grenouilles, salamandres, lézards, les insectes, n'éliminent qu'une quantité d'acide carbonique semblable ou inférieure à celle que fournissent les feuilles.

Tout l'oxygène absorbé par les feuilles dans l'obscurité n'est pas entièrement métamorphosé en acide carbonique, car le volume d'acide carbonique émis n'atteint jamais celui de l'oxygène absorbé; la différence est d'autant plus grande que la température est plus basse.

On conçoit facilement, au reste, que les oxydations qui se produisent dans les plantes ne soient pas toujours poussées jusqu'au maximum, et que par suite il y ait de l'oxygène fixé qu'on ne retrouve pas sous forme d'acide carbonique: on sait, par exemple, que dans le laboratoire il est aisé de transformer le sucre ou l'amidon en acide oxalique par une oxydation ménagée, et comme dans les végétaux on rencontre très-fréquemment cet acide oxalique ou des acides qui probablement sont produits par des réactions semblables, on comprend que leur formation exige la fixation d'une certaine quantité d'oxygène.

Il est à remarquer que plus la température est basse et moins la quantité d'oxygène métamorphosée en acide carbonique est considérable, en d'autres termes, plus il y a une fraction importante de l'oxygène absorbé qui donne des produits fixes; tandis qu'en maintenant les feuilles à une température voisine de 40°, on trouve que la plus grande partie de l'oxygène disparu a donné naissance à de l'acide carbonique. En agissant au contraire à de basses températures, on reconnaît que la quantité d'oxygène disparue surpasse de beaucoup la proportion d'acide carbonique formé. Cette observation est importante, car elle est de nature à faire comprendre comment la même plante peut produire des quantités variables d'acides végétaux suivant qu'elle végète à des latitudes plus ou moins hautes, par suite qu'elle est soumise pendant la durée de sa végétation à des températures plus ou moins élevées. On trouve, par exemple, plus

d'acide tartrique dans les raisins qui se sont développés dans les régions septentrionales que dans ceux qui proviennent des vignes du midi; il est possible que cette différence soit due à ce que, dans un cas, l'oxydation des hydrates de carbone a donné naissance surtout à de l'acide carbonique, qui se produit quand les feuilles sont soumises à une température relativement élevée, tandis qu'au contraire l'oxydation n'aurait déterminé que la formation de composés incomplétement brûlés, tels que l'acide tartrique dans des régions plus froides. Le fait bien connu que, dans le Nord de la France et en Angleterre, on réussit à obtenir du raisin de bonne qualité en le maintenant en serre, nous montre une fois de plus l'influence qu'exerce la chaleur obscure sur la formation des principes immédiats.

En résumé, il est probable que la formation des hydrates de carbone compliqués, sucre de canne, amidon, cellulose, exige l'intervention d'une certaine quantité de chaleur fournie à la fois par les rayons solaires et par les combustions lentes dont les végétaux sont le siége. Cette hypothèse rendrait compte de l'influence heureuse qu'exerce la chaleur obscure sur le développement rapide des végétaux.

§ III. — *Formation des acides végétaux.*

La formation des acides végétaux dans les feuilles peut être due à deux causes différentes: ils peuvent provenir d'un phénomène synthétique par union directe des principes simples, tels que l'eau, l'oxyde de carbone et l'acide carbonique; ou, au contraire, ils peuvent provenir d'une oxydation des hydrates de carbone. Un exemple emprunté à l'acide formique indiquera nettement ces deux modes de formation.

M. Berthelot a montré depuis longtemps que si l'on enferme dans des ballons de l'oxyde de carbone et une dissolution aqueuse de potasse, puis qu'on soumette le tout à l'action d'une température de 100° pendant plusieurs jours, on produit du formiate de potasse d'après l'équation:

$$2CO + KOHO = C^2HO^3KO.$$

En traitant ce produit par l'acide sulfurique, on obtient l'acide formique $C^2H^2O^4$; et il est possible que cet acide qui prend naissance dans certaines plantes, et notamment dans les orties, y soit engendré par une réaction semblable. On conçoit, en effet, que de l'oxyde de carbone provenant de la décomposition partielle de l'acide carbonique s'unisse à de l'eau et donne cet acide formique.

L'acide acétique est représenté par de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène. Il est possible qu'il soit formé également par l'union de ces deux corps; mais il est plus vraisemblable que ces acides dérivent, comme les acides plus compliqués, de l'oxydation des hydrates de carbone.

On sait, en effet, que si on oxyde, au moyen d'un mélange d'acide sulfurique et de bioxyde de manganèse, de l'amidon, on obtient de l'acide formique; si l'oxydation de ces mêmes hydrates de carbone a lieu au moyen de l'acide azotique, c'est de l'acide oxalique qui prend naissance, et bien qu'on n'ait pas encore réalisé dans le laboratoire la formation artificielle de l'acide tartrique, de l'acide malique, etc., il est vraisemblable qu'ils sont produits par des réactions analogues aux précédentes.

Les observations résumées dans le paragraphe précédent font voir que les végétaux sont sans cesse soumis à des phénomènes d'oxydation; que ces oxydations ne donnent pas uniquement naissance à de l'acide carbonique, puisque la quantité d'oxygène qui disparaît, quand on maintient les feuilles dans l'obscurité, est toujours supérieure à la quantité d'acide carbonique formée; il faut même remarquer que, dans certains végétaux qui fournissent des quantités considérables d'acides végétaux, il y a seulement absorption d'oxygène sans élimination d'acide carbonique. C'est là ce qu'a obtenu Th. de Saussure pour le *cactus opuntia* et ce que nous avons vérifié récemment: or le cactus renferme parfois, d'après Payen, jusqu'à 70 % de son poids sec en oxalate de chaux. Il est donc vraisemblable que les acides végétaux sont les résultats de ces oxydations ménagées, et qu'ils prennent naissance dans l'organisation végétale comme dans le laboratoire par l'oxydation incomplète des hydrates de carbone.

§ IV. — *Tannin. — Matières grasses. — Résines.*

S'il est possible d'émettre quelques hypothèses probables sur le mode de formation des matières précédentes, il faut reconnaître qu'ici nous manquons presque absolument des éléments nécessaires pour établir un raisonnement plausible. En effet, nous arrivons à des matières qui ne peuvent plus se représenter par du carbone et de l'eau et qu'on ne peut pas non plus concevoir formées par oxydation, puisqu'au contraire elles renferment un excès d'hydrogène et de carbone. Il est clair que la formation de ces matières ne peut avoir lieu qu'avec élimination d'oxygène libre ou élimination d'acide carbonique: or, quand on compare, ainsi que l'a fait M. Boussingault (voyez chap. II), le volume d'oxygène émis par les feuilles éclairées au volume d'acide carbonique décomposé, on trouve que ces deux volumes sont égaux quelle que soit l'espèce à laquelle appartiennent les feuilles étudiées. Il n'est donc pas probable que les matières grasses ou résineuses prennent naissance au moment même où a lieu la décomposition de l'acide carbonique, car, s'il en était ainsi, on verrait apparaître plus d'oxygène qu'il n'a disparu d'acide carbonique, et c'est ce qui n'a pas lieu. Il est donc vraisemblable que c'est par une réaction secondaire que les hydrates de carbone déjà formés sont amenés à cet état de matières grasses ou de résines; mais cette transformation exige qu'à un moment donné il apparaisse une quantité d'acide carbonique supérieure à celle qui est formée par l'action directe de l'oxygène absorbée pendant la respiration, et c'est ce que nous n'avons observé jusqu'ici que dans de jeunes tiges. Quand on laisse, en effet, des jeunes pousses de marronniers dans une atmosphère limitée pendant vingt-quatre heures, puis qu'on examine comment cette atmosphère a été modifiée, on trouve toujours qu'il y a eu plus d'acide carbonique émis que d'oxygène pris, ce qui prouve qu'il se fait dans la plante même une décomposition d'un principe immédiat avec perte d'acide carbonique: or, si on décomposait du glucose de façon à lui enlever, sous forme d'acide carbonique, tout l'oxygène qu'il renferme, il resterait un carbure d'hydrogène:

$$C^{12}H^{12}O^{12} - 6\,CO^2 = C^{12}H^6.$$

Cette *équation fictive* rendrait compte de la formation de composés comme les résines, et il est remarquable que les pousses de marronnier, sur lesquelles ont porté ces observations, donnent, en effet, une quantité notable de résine; hâtons-nous d'ajouter que ces études sont encore trop peu avancées pour qu'on puisse émettre même une *hypothèse* plausible sur leur mode de formation.

§ V. — *Formation des matières albuminoïdes, des bases organiques, etc.*

Comment l'albumine soluble apparaît-elle dans les jeunes feuilles? C'est ce qu'on ne saurait non plus établir d'une façon précise. L'albumine appartient probablement à la famille des ammoniaques composées, et l'on sait que ces matières sont produites, soit par la comparaison directe de l'ammoniaque avec des composés carbonés, ainsi que cela a lieu dans la synthèse de l'urée par le procédé de M. Woehler, où il unit de l'acide

cyanique et de l'ammoniaque, soit par la combinaison des carbures d'hydrogène avec l'acide azotique, puis la réduction ultérieure de celui-ci, ainsi qu'on l'observe dans la formation de l'aniline qu'on obtient en attaquant d'abord la benzine par l'acide azotique, puis réduisant la nitrobenzine par l'hydrogène.

Ce second mode de production de l'albumine présente plus de probabilité que le premier : d'abord parce que les plantes sont avant tout des appareils de réduction, et que si la réduction de l'acide carbonique, qui exige l'intervention d'une dépense de chaleur considérable, s'y exécute sans difficulté, celle de l'acide azotique s'y fera sans doute plus aisément encore; et enfin parce qu'il y a certains cas dans lesquels les plantes ne paraissent pas avoir profité des engrais ammoniacaux avec autant de facilité que des nitrates.

Lorsqu'on maintient à l'ébullition un mélange de glucose et de nitrate, celui-ci est réduit, et l'azote de l'acide azotique se fixe sur la matière carbonée pour former un véritable composé azoté. Cette expérience présente une importance considérable pour faire comprendre le mode de formation des matières albuminoïdes qui prennent peut-être naissance dans les feuilles par une réaction analogue. L'acide nitrique serait là réduit sous l'influence de la lumière solaire, et, en même temps que son oxygène se porterait sur un des éléments combustibles du glucose, l'azote s'engagerait en combinaison avec le résidu de cette combustion incomplète du glucose. Il est à remarquer, en effet, que la quantité d'oxigène dégagée par les feuilles correspond à celle de l'acide carbonique décomposé, et qu'elle devrait être plus grande si l'oxygène provenant de la réduction de l'acide azotique venait s'ajouter à l'oxygène dû à la décomposition de l'acide carbonique. Il est donc probable que l'oxygène de l'acide azotique réduit attaque un des hydrates de carbone. On remarquera, en effet, que si l'on compare la composition du glucose et de l'acide azotique, qu'on suppose réagir l'un sur l'autre, à celle de l'albumine, on trouve qu'au moment de la réaction il a dû se séparer de l'acide carbonique et de l'eau.

Quant au mode de formation des alcaloïdes dans les plantes, sans doute il peut-être analogue à celle qu'on suit dans le laboratoire pour les obtenir, c'est-à-dire qu'elles peuvent aussi bien provenir de la réaction de l'acide azotique sur des hydrates de carbone et à une réduction ultérieure; soit à une combinaison directe d'ammoniaque avec les hydrates de carbone; mais il est aussi un autre mode de formation qui peut avoir son importance et qui consisterait dans une altération ménagée des albuminoïdes. Toutefois, avant d'avoir aucune idée précise sur leur mode de formation, il faut attendre que la chimie ait frayé la voie à la physiologie en lui indiquant les méthodes de formation artificielle de ces composés.

Nous avons, dans ce chapitre, insisté sur la respiration des plantes, sur l'absorption d'oxigène et le dégagement d'acide carbonique qu'elles présentent dans l'obscurité; quelque important que soit ce phénomène pour fournir la quantité de chaleur nécessaire à la formation des principes immédiats, il n'en est pas moins, comme résultat définitif, très-inférieur au phénomène de nutrition qui repose sur la décomposition de l'acide carbonique et le dégagement d'oxygène étudié précédemment ; la plante reste avant tout un appareil de réduction.

La citation suivante, empruntée à M. Boussingault, peut servir à montrer dans quels rapports se trouvent les deux phénomènes. Un mètre carré de feuilles comprenant les deux côtés du limbe décomposerait en douze heures de jour 6336 centimètres cubes d'acide carbonique, et produirait en douze heures de nuit 396 centimètres cubes de gaz acide carbonique.

NUTRITION DES VÉGÉTAUX.

CHAPITRE VI.

MIGRATION DES PRINCIPES IMMÉDIATS DANS LES VÉGÉTAUX.

Nous venons d'esquisser le mode de formation des principes immédiats contenus dans les tissus des végétaux, nous savons comment les éléments qui les composent pénètrent dans les plantes; mais il nous reste à suivre ces principes immédiats d'un point du végétal à l'autre, depuis le moment où la vie s'éveille jusqu'à celui où la graine mûrit, depuis l'apparition des premières feuilles au printemps, jusqu'à la chute des dernières à l'approche de l'hiver. Ces questions seront présentées dans les paragraphes suivants:

De l'absorption de l'eau par les racines;
De l'évaporation de l'eau par les feuilles;
De la composition de la séve ascendante;
De la migration des principes immédiats dans les plantes herbacées;
De la migration des principes immédiats dans les végétaux ligneux et de la séve élaborée;
De la maturation des fruits.

§ I. — *De l'absorption de l'eau par les racines.*

On trouve communément dans nos climats des arbres s'élevant jusqu'à 20 ou 30 mètres: en Californie, le *sequoia gigantea* atteint une centaine de mètres; les *eucalyptus* d'Australie, les *calamus* de l'Inde, sont encore des végétaux très-élévés; mais, malgré leur hauteur, l'eau puisée dans le sol par les racines s'élève jusqu'à la cime, et il est clair que la pression atmosphérique poussant l'eau dans les tissus pour combler le vide fait par l'évaporation ne saurait seule expliquer son ascension, puisque la pression atmosphérique ne peut soutenir dans le vide qu'une hauteur d'eau de 10 mètres environ.

Si l'évaporation de l'eau par les feuilles intervient dans le mouvement ascensionnel de la séve, celle-ci doit être déterminée par une autre cause: c'est ce dont on est bien vite persuadé quand, au printemps, au moment de la taille, on voit s'écouler abondamment un liquide des branches de la vigne bien avant l'apparition des feuilles. Les racines fonctionnent ici par elles-mêmes, en dehors de toute action des feuilles; elles possédent une propriété analogue à celle de la graine, qui, placée dans la terre humide, ne tarde pas à s'y gonfler et à pousser, en dehors de ses téguments distendus, une petite radicelle destinée à fournir à la jeune plante l'eau nécessaire à son évolution.

L'absorption de l'eau par la racine paraît être ainsi la première manifestation de l'activité vitale; elle a dès longtemps frappé les observateurs, qui ont commencé son étude dès le dix-septième siècle.

Expériences de Hales. — La force ascensionnelle de l'eau dans les racines est considérable. Au mois d'avril 1725, Hales coupa un cep de vigne au niveau du sol, et, s'apercevant qu'une grande quantité d'eau s'échappait de la plaie, il essaya de l'arrêter en appliquant à l'extrémité coupée un fragment de vessie fortement lié; mais la membrane, poussée en dehors, se gonfla et creva quelque temps après. Il remplaça alors la vessie par un tube de verre vertical qui fut parfaitement fixé sur la branche; bientôt l'eau monta dans ce tube jusqu'à une hauteur de 7 mètres environ.

L'explication du phénomène qui se produit dans ces circonstances se trouve dans l'exposé de ce fait fondamental, qu'un liquide introduit dans un milieu poreux formé d'espaces de diverses étendues abandonne toujours les espaces larges pour pénétrer dans les plus étroits. Cette propriété est utilisée chaque jour dans les laboratoires, quand on dépose sur des briques ou des plaques de porcelaine dégourdie les précipités qu'on veut sécher.

Expériences de M. Jamin. — La force mise en jeu dans ce cas est considérable, ainsi que l'a démontré M. Jamin, auquel nous empruntons la description de ses expériences sur les corps poreux imbibés d'eau. (*Leçons professées devant la Société chimique*, séance du 8 mars 1861. — Hachette.) « Je prends d'abord, dit-il, un bloc de craie A, dont la forme est quelconque et dont le volume est égal à un litre environ. Après l'avoir bien desséché, j'y creuse un trou cylindrique vertical, pénètrant jusqu'au centre, et j'y plonge un tube à conduit étroit, que je scelle sur la craie avec du mastic de fontainier. Ce tube est recourbé en S; il y a du mercure dans la partie coudée inférieure, et la grande branche verticale, qui est fermée et divisée, contient de l'air à la pression ordinaire: c'est un véritable manomètre (voyez fig. 2). Il est clair que si un excès de pression venait à se développer à l'intérieur du bloc, il ferait monter le mercure, et l'on mesurerait cet excès par la diminution de longueur de la colonne d'air comprimé contenu dans la branche scellée à la partie supérieure. Cela étant compris, plongeons la masse de craie dans un vase plein d'eau.

« On prévoit que le liquide va pénétrer dans la craie par capillarité, qu'il chassera l'air devant lui; que celui-ci, s'accumulant dans la branche du manomètre qui est fixée dans la craie comprimera le mercure, et que la pression finale indiquée par le manomètre sera égale à la force d'imbibition du liquide. Or on trouve, ce qui ne laisse pas que d'être fort étonnant, que cette pression s'élève progressivement jusqu'à trois ou quatre atmosphères.

« La plupart des corps poreux homogènes et à pores suffisamment étroits donnent les mêmes résultats avec des intensités variables: la pression s'est élevée jusqu'à 3 atmosphères dans une bille de billard et jusqu'à 5, avec un bloc de pierre lithographique, mais le marbre n'a rien produit.

« Lorsqu'on veut opérer avec des substances pulvérulentes, on les tasse dans un vase poreux de pile (fig. 2) au moyen d'un mandrin et à coups de maillet;

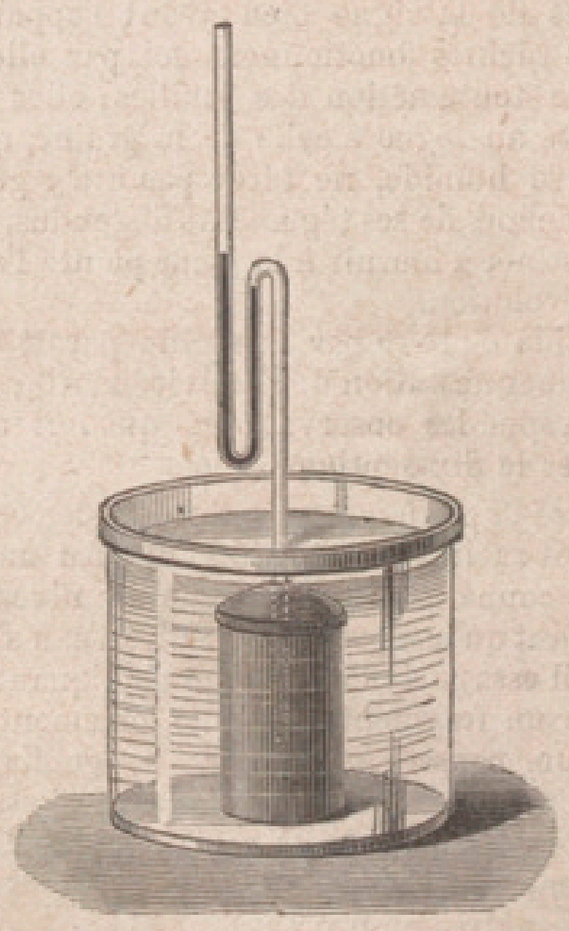


Fig. 2.

on dispose le manomètre dans leur intérieur, comme on l'a fait précédemment pour la craie, et l'on ferme l'ouverture du vase avec un bouchon de bois, que l'on mastique avec le plus grand soin. L'expérience se fait comme avec les corps solides, en plongeant tout l'appareil dans l'eau, et le manomètre monte de la même manière jusqu'à trois atmosphères et demie environ, avec de la terre ou du blanc d'Espagne, et presque à 5, avec l'oxyde de zinc. L'amidon a produit rapidement une pression égale à 6 atmosphères, et qui continuait à s'élever encore lorsque, la nuit survenant, j'ai quitté le laboratoire. Elle a dû s'accroître considérablement ensuite; car, au matin suivant, j'ai trouvé le vase brisé, ses éclats et la poudre projetés au loin, et la plupart des objets voisins renversés. »

Ces expériences nous dévoilent ce qui arrive quand la graine germe et pousse dans la terre ses premières racines: le tissu très-fin, très-délié, qu'elle présente, exerce, vis-à-vis de la terre humide, le rôle de la brique ou de la porcelaine dégourdie sur l'eau d'un précipité; le rôle de la terre de la pipe sur l'humidité de la bouche; l'eau pénètre ainsi dans l'intérieur de la plante avec une énergie remarquable, et l'action ne cesse qu'autant que les tissus gorgés d'eau opposent à l'arrivée d'une nouvelle quantité de liquide une force égale à celle qui est mise en jeu dans la racine.

Pleurs de la vigne. — Si l'on cherche, en s'appuyant sur les considérations précédentes, à concevoir le mécanisme de l'écoulement de la séve que présentent certains arbres au premier printemps, on remarquera qu'au moment où la végétation se réveille, elle détermine dans ces végétaux l'apparition d'un nouveau chevelu, dont les tissus, extrêmement fins et déliés, se trouvent, par rapport à la terre arable, dans les mêmes conditions que le plâtre sur lequel on dépose l'amidon pour le faire sécher. Il y a transport de l'eau de l'amidon au plâtre, comme de la terre à la racine, l'attraction capillaire détermine le mouvement, et l'eau, pénètre dans les pores étroits du tissu nouveau, comme elle s'introduit dans la bille d'ivoire ou dans la pierre calcaire employée par M. Jamin; le courant s'établit, et si l'on diminue tout à coup la résistance qu'il rencontre dans les tissus des branches en faisant une section, on ne tardera pas à voir se produire cet écoulement désigné sous le nom de *pleurs*, et qui se remarque particulièrement au moment de la taille de la vigne[1].

§ II. — *De l'évaporation de l'eau par les feuilles*[2].

Le mouvement élévatoire de l'eau est encore activé par la puissance d'évaporation que possèdent les feuilles. Cette fonction importante a été étudiée depuis longtemps, car les premières expériences, dues à S.-H. Woodward, datent du dix-septième siècle (*Philosophical Transactions*, n° 253).

Travaux de Woodward. — Dans des flacons remplis d'eau qu'on renouvelait à mesure qu'elle s'évaporait, le physiologiste anglais plaça diverses plantes aquatiques qui furent exposées les unes et les autres à l'action du soleil, sur une fenêtre. Pour empêcher l'évaporation de la surface libre du liquide, on recouvrit les vases d'un disque percé d'une ouverture étroite donnant passage à la plante, dont les racines étaient plongées dans le liquide.

Les expériences durèrent du 20 juillet 1691 au 5 octobre de la même année; on obtint dans une des séries d'essais les nombres suivants:

1. Le lecteur désireux de poursuivre ce sujet lira avec avantage la statistique des végétaux de Hales, la *Physique des arbres* de Duhamel; enfin les deux leçons de M. Jamin auxquelles nous avons emprunté plusieurs passages de ce paragraphe.

2. Nous n'avons pas craint de donner à ce sujet un assez grand développement, car les résultats publiés, en Angleterre, par M. Lawes, dans *The Journal of the horticultural Society of London*, vol. VII, parties III et IV, paraissent peu connus en France.

NOMS DES PLANTES et NATURE DE L'EAU dans laquelle elles végétaient.	POIDS PRIMITIF DE LA PLANTE en grammes.	POIDS FINAL en grammes.	EAU ÉVAPORÉE en grammes.
Menthe dans l'eau de source	1.72	2.68	163.6
Menthe dans l'eau de pluie	1.79	2.88	192.3
Menthe dans l'eau de la Tamise	1.79	3.45	159.5
Morelle des jardins dans l'eau de source	4.41	6.78	235.3
Lathyrus dans l'eau de source	6.27	6.46	160.0

Un des points importants étudiés dans ce travail est relatif à l'influence qu'exerce la composition des eaux sur l'évaporation et sur la croissance des plantes qui y végètent. Six plants de menthe furent laissés dans des flacons d'eau, préalablement pesés, pendant huit semaines; on obtint les résultats suivants:

Augmentation de poids et évaporation des jets de menthe dans les eaux de diverses compositions.

NATURE DES EAUX.	POIDS PRIMITIF des plantes.	AUGMENTATION.	EAU évaporée.	RAPPORT de l'accroissement à l'évaporation.
	gr.	gr.		
Eau de Hyde-Park	8.028	8.092	908.160	1 à 110
Eau de Hyde-Park	7.040	9.796	840.860	1 à 94
Eau de Hyde-Park avec 18 grammes de terre	4.864	10,752	653.784	1 à 63
Eau de Hyde-Park avec 18 grammes de terre de jardin	5.888	11.768	956.600	1 à 52
Eau distillée	7.286	2.624	563.392	1 à 214
Eau de Hyde-Park concentrée par évaporation	5.184	6.043	278.016	1 à 46

Dans les expériences précédentes, le nº 6 est celui qui a manifesté le plus grand accroissement pour la quantité d'eau évaporée; mais le 4e présentait la végétation la plus luxuriante, et c'est aussi celui dans lequel le rapport de l'évaporation à l'accroissement est la plus faible.

La plante qui reçut de l'eau distillée s'accrut très-médiocrement, tandis que celle qui avait reçu la terre de jardin présentait au contraire une croissance plus active.

Expériences de Hales. — On doit à Hales de nombreuses et intéressantes observations sur la puissance évaporatoire des feuilles; il les publia en 1727, dans le premier volume de ses célèbres *Essais statiques*. Celles qui ont plus particulièrement trait au sujet que nous étudions se trouvent dans le premier chapitre intitulé: « Sur la quantité d'humidité absorbée et évaporée par les plantes et les arbres. » La plus importante des expériences de Hales fut faite en 1724, sur un beau pied d'*Hélianthus* arrivé à toute sa croissance, qui avait plus d'un mètre de haut et qui avait été planté encore jeune dans un pot à fleur, précisément pour servir aux expériences.

La terre était recouverte d'une lame métallique portant une ouverture par laquelle on pouvait faire couler l'eau d'arrosement: deux pesées faites chaque jour indiquaient quelles étaient les quantités d'eau que la terre perdait par l'évaporation. On trouva que la plante transpirait en moyenne 220 grammes d'eau par jour de douze heures: le maximum fut de 330 grammes. Les expériences de Hales portèrent également sur un chou, une vigne, un jeune pommier et un oranger. Le résultat de ces expériences est réuni dans le tableau suivant:

DÉSIGNATION.	SURFACE entière des feuilles.	EAU évaporée en 12 heures.	RAPPORT de l'évaporation à la surface de la plante [1].
	centim. carrés.	grammes.	
Hélianthus	35.100	220	1/165
Chou	17.100	209	1/80
Vigne	11.375	60,5	1/191
Pommier	9.833	99	1/109
Oranger	15.974	113,3	1/218

1. Nous avons pris les rapports donnés par l'auteur anglais; ceux qu'on trouverait en calculant les nombres inscrits dans le tableau sont un peu différents, à cause de petites inexactitudes résultant des conversions des mesures anglaises en mesures françaises.

La conclusion pratique tirée de ces expériences fut que le chou évapora la plus grande quantité d'eau, et l'oranger la plus petite. En répétant ces observations sur d'autres plantes, Hales trouva que dans tous les

cas, les arbres verts évaporent moins d'eau que les arbres à feuilles caduques.

A l'instigation de Hales, une autre série d'expériences fut faite par Miller, en 1726, au jardin botanique de Chelsea. Elles portèrent sur un bananier, sur un aloès et un jeune pommier: on trouva que les plantes évaporaient plus le matin que dans l'après-midi, qu'elles absorbaient très-souvent de l'humidité par les feuilles pendant la nuit[1], et que la quantité d'eau évaporée était en général proportionnelle à la température du jour.

Bien que Bonnet et Duhamel du Monceau aient publié, au dix-huitième siècle, des travaux qui ont trait aux fonctions des feuilles, on ne trouve, ni dans les *Usages des feuilles*, ni dans la *Physique des arbres*, ouvrages remarquables l'un et l'autre, aucun travail digne d'être mentionné au point de vue de l'évaporation.

Travaux de Guettard. — Il n'en est pas de même des expériences insérées par Guettard aux *Mémoires de l'Académie des Sciences* de 1748 et 1749. Son mode d'observation, que j'ai suivi plus tard sans me douter que je ne faisais qu'imiter ce naturaliste, dont la réputation est loin d'atteindre le mérite, consistait à enfermer pendant un certain temps des feuilles adhérentes aux plantes dans des ballons de verre qui étaient ensuite pesés avec soin; on déterminait le poids des feuilles, et l'on pouvait ainsi savoir ce qu'une certaine quantité de feuilles avait fourni d'eau dans les circonstances variées où avait lieu l'expérience.

Guettard ne tarda pas à reconnaître que les plantes évaporent plus d'eau pendant le jour que pendant la nuit, et qu'il fallait qu'elles fussent directement frappées par les rayons du soleil pour atteindre leur maximum d'évaporation.

L'influence de ces rayons est particulièrement marquée dans l'expérience suivante: « J'ai mis trois branches de la morelle grimpante ordinaire, ou *dulcamara*, en expérience le 10 septembre, à sept heures du matin, et on les a retirées le 16 à pareille heure, ce qui fait six jours. Le ballon, dans lequel une des branches était placée, était à découvert; celui de la seconde était à l'ombre d'une serviette portée sur quatre pieds, auxquelles les quatre coins de la serviette étaient noués; la serviette de la troisième était appliquée dessus. La branche du ballon découvert avait transpiré 82 gr.83, elle pesait 13 gr.45; celle du ballon qui était seulement à l'ombre pesait 13 gr.39, et elle avait donné par la transpiration 43 gr.92; celle dont le ballon était exactement couvert n'avait transpiré que 14 grammes et elle pesait 13 gr.41. On voit donc que celle de ces branches qui a été privée le plus des rayons du soleil a moins transpiré, puisque les branches qui étaient dans les ballons couverts ont donné beaucoup moins de liqueur, quoiqu'elles pesassent davantage. Je ne m'attendais pas cependant à avoir une différence si considérable entre le poids de la liqueur transpirée de la branche du ballon qui était à l'air libre et de celle que contenait celui qui était seulement à l'ombre; je pensais que l'air, en circulant autour de ce ballon, ne devait pas être beaucoup moins chaud que celui qui entourait l'autre ballon, et lorsque je vis le résultat de l'expérience, je m'imaginai que l'action immédiate du soleil pouvait être nécessaire pour augmenter la transpiration, et qu'une plante qui serait dans un lieu plus chaud, mais privée des rayons du soleil, pourrait transpirer moins qu'une qui serait dans un endroit plus froid et qui recevrait ses rayons. »

En vernissant la surface supérieure des feuilles d'une branche et la face inférieure des feuilles d'une autre branche, et en exposant les organes ainsi disposés à l'action du soleil, Guettard reconnut que la surface supérieure évapore plus d'eau que l'inférieure.

Nous verrons plus loin que nos observations confirment de tout point celles que nous venons d'exposer, mais qu'elles démontrent ce que Guettard ne fait que soupçonner, à savoir, que c'est la lumière qui est la cause déterminante du phénomène d'évaporation.

Travaux de M. Lawes.— On doit au célèbre agronome anglais, M. Lawes, une importante série d'expériences qui portèrent sur de jeunes arbres appartenant aux espèces suivantes: frêne, mélèze et sycomore, qui avaient une touffe de petites branches, tandis que les deux épines-vinettes, les lauriers et l'if étaient en buisson (*Evaporation of evergreen and deciduous trees.— From the journ. of the hortic. soc of London*, 1851, vol. VI, part III et IV, et *the Rothamsted Memoirs*, vol. I.) Les plantes furent placées dans des pots qu'on pesa régulièrement de façon à déterminer la quantité d'eau évaporée pendant la durée d'une semaine; on arrosait autant qu'il était nécessaire. Les résultats obtenus sont insérés dans le tableau suivant:

1. D'après M. P. Duchartre, les plantes n'absorbent pas d'humidité par leurs feuilles. (*Comptes rendus*, 1868, p. 205.)

Quantité d'eau évaporée par des arbustes de différentes espèces pendant une année.

NOMS DES PLANTES.	POIDS des PLANTES.	EAU ÉVAPORÉE du 22 décembre au 24 avril.	EAU ÉVAPORÉE du 24 avril au 22 août.	EAU ÉVAPORÉE du 22 août au 31 décembre.	EAU ÉVAPORÉE TOTAL.	RAPPORT de l'eau évaporée au poids de l'arbre.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	
Sapin.	160	2710	3981	2037	8728	54
Laurier de Portugal.	»	2781	7282	3711	13772	»
Épine-vinette à feuilles persistantes.	160	1715	5964	3283	10962	68
If.	330	3878	7182	5444	16504	50
Houx.	10	1666	2352	1414	5423	543
Laurier commun.	260	3038	9058	2982	15078	57
Chêne vert.	280	812	210	98	1110	3
Mélèze.	170	805	2675	3514	7994	48
Chêne.	370	595	2450	2590	5635	15
Épine-vinette à feuilles caduques.	240	819	7147	4620	12586	52
Frêne.	40	553	5733	1778	8064	203
Sycomore.	24	679	5281	3381	6341	222

On voit facilement, en consultant ce tableau, qu'en général les arbres à feuilles persistantes donnent beaucoup moins d'eau que les arbres à feuilles caduques. On remarque, en outre, entre les diverses plantes, des différences notables dans l'influence qu'exerce la température sur l'énergie de l'évaporation, indépendamment de la sécheresse ou de l'humidité de l'air. En étudiant les nombreux tableaux dont nous n'avons donné qu'un résumé, on trouve que, dans le cas du laurier du Portugal, du houx, du mélèze et du sycomore, le maximum de l'évaporation se produit en même temps que le maximum de température, c'est-à-dire entre le 23 juillet et le 22 août. Ceci, cependant, ne se reproduit pas pour les autres plantes. Dans le cas du chêne et de l'épine-vinette à feuilles caduques, le maximum de l'évaporation se rencontre après la plus grande chaleur: la plus grande quantité d'eau a été, en effet, évaporée par ces plantes du 22 août au 21 septembre, bien que la température ait été de 4 degrés inférieure à ce qu'elle était dans les semaines précédentes. C'est exactement l'inverse qui a eu lieu pour les autres plantes, le sapin, l'épine-vinette à feuilles persistantes, l'if, le laurier et le frêne, chez lesquels le maximum d'évaporation a précédé le maximum de chaleur. On voit en effet, en consultant les nombres donnés par Lawes, que l'épine-vinette à feuilles persistantes a donné par jour une perte de poids de 70 grammes, du 23 juin au 23 juillet, la température étant en moyenne au-dessous de 16°4, tandis que le mois suivant, où la température fut en moyenne supérieure à 16°4, l'évaporation ne fut plus que de 56 gr. par jour. On observa un fait analogue pour le houx. En juillet, avec une température au-dessous de 16°4, la perte par jour fut de 84 grammes, et en août, avec une température supérieure à 16°4, la perte journalière fut seulement de 56 grammes.

Dans un autre travail, inséré au *Journal de la Société d'horticulture de Londres* (vol. V, p. 1, 1850) et qu'il a reproduit dans la collection de ses mémoires (*the Rothamsted Memoirs*), M. Lawes a encore déterminé la quantité d'eau évaporée par quelques-unes des plantes habituellement cultivées pendant la durée de leur croissance. Voici les résultats auxquels il est arrivé:

DÉSIGNATION.		PERTE D'EAU TOTALE du 19 mars au 7 septembre.
Blé. . . .	Cultivé sans engrais.	7945 gr.
	Avec des engrais minéraux seulement	6860
	Avec des engrais minéraux et des sels ammoniacaux. .	3913
Orge. . .	Sans engrais.	8400
	Engrais minéraux.	8981
	Engrais minéraux et sels ammoniacaux.	4357
Haricots.	Sans engrais.	7854
	Engrais minéraux.	8246
	Engrais minéraux et sels ammoniacaux.	mort.
Pois. . . .	Sans engrais.	7630
	Engrais minéraux.	6768
	Engrais minéraux et sels ammoniacaux.	mort.
Trèfle. . .	Sans engrais.	3850
	Engrais minéraux.	3759
	Engrais minéraux et sels ammoniacaux.	952

On ne saurait manquer d'être frappé de voir dans cette expérience, comme dans celle qui a été faite autrefois par Woodward, la plante évaporer d'autant moins d'eau qu'elle trouve dans celle-ci des principes nutritifs plus abondants.

Expériences de MM. Daubeny et Julius Sachs. — Au lieu de rechercher les quantités d'eau totales émises par les plantes pendant une saison ou une semaine, le docteur Daubeny s'est efforcé, dès 1836, de déterminer à quelle cause il fallait surtout attribuer le phénomène d'évaporation.

Il avait non-seulement étudié l'action de la lumière blanche, mais celle de diverses lumières colorées; ses conclusions sont toutefois peu précises. D'après lui, l'évaporation par les feuilles est due « à l'action combinée de la chaleur et de la lumière, réunies à ces influences mécaniques qui opèrent aussi bien sur la matière organique après sa mort que pendant sa vie. » (*Philosophical Transactions*, 1866, p. 159.)

Plus récemment enfin, M. Julius Sachs, dans son *Traité de Physiologie végétale*, a repris l'étude de l'évaporation.

« La lumière, dit-il [1], est un des agents qui agissent le plus efficacement sur la transpiration; mais on ne peut dire si elle agit par elle-même ou par son union intime avec une élévation de température. Il est facile de constater qu'une plante exposée alternativement au soleil et à l'ombre transpire beaucoup plus dans la première des positions: l'effet est visible après quelques minutes, mais est peut-être dû à l'échauffement des tissus. »

Le docteur Sachs opérait avec des plantes entières qui étaient pesées au commencement et à la fin des expériences: c'était là un mode d'observation que la nature même de mes recherches m'interdisait d'employer. Je voulais comparer la puissance évaporatoire des feuilles appartenant à un même végétal, et je devais imaginer un appareil propre à déterminer la quantité d'eau qu'elles transpiraient dans le même temps. Les feuilles encore adhérentes à la plante furent d'abord placées dans un manchon de verre parcouru par un courant d'air qui se desséchait à l'entrée et à la sortie; mais bientôt cette disposition compliquée fut abandonnée, quand on reconnut que l'évaporation se continuait indéfiniment dans une atmosphère saturée.

Expériences exécutées à l'école de Grignon. — En faisant tout simplement usage, en effet, d'un ballon de verre très-léger, à col large et court, ou encore, quand on veut opérer sur des feuilles longues et étroites comme celles des graminées, d'un tube d'essai ordinaire, maintenu par un support (fig. 3), on peut constater du premier coup ce fait important: l'évaporation de l'eau par les feuilles des plantes se continue presque aussi bien dans une atmosphère saturée qu'à l'air libre.

Ce résultat fut constaté par l'expérience suivante: une feuille de blé adhérente à la tige est fixée par un bouchon fendu dans un tube de verre préalablement pesé; le tout est placé au soleil, et l'expérience est commencée à 1 heure: à 1 heure 30 minutes, il y avait dans le tube 0 gr. 141 d'eau condensée. On replace le tube à 2 heures, sans le vider: à 2 heures 30 minutes, l'augmentation de poids est de 0 gr. 130. On recommence l'expérience à 3 heures, sans vider le tube qui renferme par conséquent 0 gr. 271 d'eau; à 3 heures 30 minutes, on pèse de nouveau, l'augmentation de poids est de

1. *Physiologie végétale*, traduction de Micheli, p. 250. Nous n'avons pas cru devoir citer en détail les expériences de M. Sachs, qu'on pourra trouver dans son ouvrage, tandis que celle de M. Lawes n'avait pas encore été traduite en français.

0 gr. 121; la feuille, à la fin de l'expérience, pesait 0 gr. 390. Ainsi la quantité d'eau émise a été à peu près

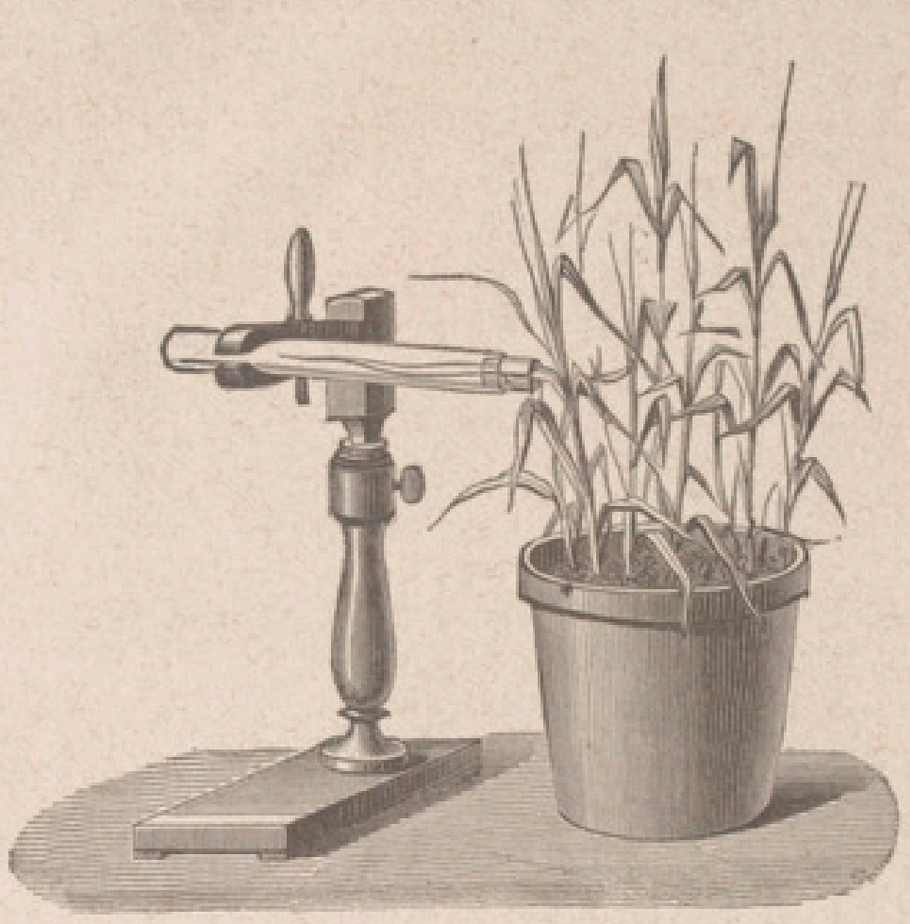


Fig. 3.

constante, malgré la présence dans le tube d'eau liquide en proportion notable.

Pendant le même temps, on avait placé au soleil, dans un petit ballon renfermant de l'eau; une mèche de coton qui, traversant un tube de dégagement, venait s'épanouir dans un tube d'essai. Après deux heures, la quantité d'eau condensée dans le tube était de 0 gr. 076; après trois heures d'exposition au soleil, 0 gr. 086; après quatre heures encore 0 gr. 086, c'est-à-dire que la quantité d'eau émise restait bientôt stationnaire.

Ces essais préliminaires montraient: que l'évaporation de l'eau par les feuilles est complétement différente de celle d'une surface humide quelconque; qu'il n'était pas nécessaire, comme avaient cru devoir le faire quelques-uns de mes devanciers, et comme je l'avais fait d'abord moi-même, de dessécher l'atmosphère dans laquelle avait lieu l'évaporation; qu'enfin le tube de verre employé pour condenser l'eau évaporée, commode à transporter au milieu des cultures, pouvait être employé avec sécurité pour déterminer la quantité d'eau émise par les feuilles appartenant à des espèces végétales variées ou soumises à des actions diverses.

Il importait toutefois d'établir d'abord que cette évaporation présente elle-même quelque fixité, quand on l'étudie dans les mêmes circonstances, sur des feuilles appartenant à la même espèce.

Pour reconnaître si des feuilles de même âge, appartenant à la même espèce, dégagent dans le même temps, quand elles sont placées dans des circonstances identiques, des quantités d'eau semblables, il fallait trouver un terme de comparaison. Il eût été sans doute à désirer que cette comparaison fût établie sur des surfaces égales; mais la difficulté de donner à ce genre de mesure une précision suffisante nous a conduit à prendre comme unité des poids égaux.

Les nombres obtenus sont résumés dans le tableau suivant:

Quantité d'eau évaporée en une heure par les feuilles exposées au soleil.

DATES de L'EXPÉRIENCE.	NATURE de la plante.	TEMPÉRATURE de l'air.	POIDS de l'organe.	POIDS de l'eau recueillie.	POIDS DE L'EAU recueillie pour 100 de feuilles
			gr.	gr.	
			15.600	0.210	1.3
23 avril 1869. . . .	Colza.	25°	12.100	0.186	1.8
			18.400	0.200	1.0
			4.500	0.550	12.0
30 avril.	Colza.	36	3.225	0.385	11.0
			6.430	0.760	12.0
		28	2.410	2.015	88.2
8 juin.	Blé.	19	1.510	1.120	74.2
		22	1.850	1.330	71.8
			0.053	0.055	100.0
2 juin.	Seigle.	36	0.055	0.053	99.0
			0.065	0.060	92.0

Les expériences exécutées aux quatre dates indiquées dans le tableau ont été faites simultanément, de façon à ne pas avoir de perturbations dues à l'intensité lumineuse plus ou moins grande d'un moment à l'autre.

Le fait qui frappe d'abord à l'inspection du tableau précédent, c'est que la quantité d'eau évaporée est comparable quand les feuilles appartiennent à la même espèce et sont à peu près de même poids; mais qu'au contraire la quantité d'eau recueillie varie singulièrement d'une espèce à l'autre, et dans la même espèce avec le poids de la feuille: plus la feuille est jeune, plus le poids d'eau qu'elle évapore est relativement considérable. Ainsi les grandes feuilles de colza ont donné, relativement à leur poids, une quantité d'eau beaucoup plus faible que les plus petites, qui étaient en même temps plus jeunes. On remarquera, en outre, que les feuilles de seigle employées à l'expérience étaient beaucoup plus petites que les feuilles de blé; elles ont aussi donné des poids d'eau plus considérables. On a donc été naturellement conduit à rechercher par des expériences directes si l'âge d'une feuille avait une influence sur sa puissance évaporatoire.

Les jeunes feuilles évaporent plus d'eau que les vieilles. Les expériences ont été faites sur des feuilles de seigle: elles ont porté simultanément sur des feuilles prises en haut de la tige et très-récemment développées, sur des feuilles du milieu, et enfin sur des feuilles du pied; les trois observations étaient toujours simultanées. On a obtenu les résultats suivants:

Quantité d'eau évaporée par des feuilles de seigle de différents âges exposées pendant une heure au soleil.

DATES de L'EXPÉRIENCE.	TEMPÉRATURE au soleil.	PLACE des feuilles sur la tige.	POIDS des feuilles.	POIDS de l'eau recueillie.	POIDS D'EAU pour 100 de feuilles.
			gr.	gr.	
2 juin 1869.	19°	Haut.	0.053	0.055	100
		Milieu.	0.189	0.190	100
		Bas.	0.135	0.055	40
3 juin.	21	Haut.	0.055	0.053	90
		Milieu.	0.195	0.190	97,9
		Bas.	0.180	0.135	76
6 juin.	36	Haut.	0.065	0.060	92
		Milieu.	0.201	0.163	81
		Bas.	0.132	0.099	75
8 juin.	28	Haut.	0.051	0.051	100
		Milieu.	0.185	0.122	66
		Bas.	0.142	0.085	78
9 juin.	36	Haut.	0.049	0.048	92
		Milieu.	0.153	0.120	78
		Bas.	0.133	0.105	71

On reconnait à l'inspection des chiffres précédents: 1° que les jeunes feuilles du sommet récemment développées ont toujours évaporé plus d'eau que les feuilles du bas, et que souvent les différences ont été très-considérables; 2° que si une fois la feuille du milieu a fourni un poids égal à celui qu'a évaporé la feuille du haut, dans les quatre autres expériences, la feuille du milieu a donné moins d'eau que celles du sommet; 3° enfin, que, dans quatre expériences sur cinq, les feuilles du pied ont donné moins d'eau que les feuilles du milieu. Ces résultats ont, comme nous le verrons plus loin, une grande importance pour expliquer la migration des principes immédiats solubles dans les plantes herbacées.

Influence de la lumière sur l'évaporation. Ainsi que nous l'avons vu plus haut, Guettard, puis le professeur Sachs, ont remarqué que les plantes placées au soleil évaporent beaucoup plus d'eau que celles qui sont à l'ombre; mais, comme M. Daubeny, ce dernier ignore « s'il faut attribuer l'effet obtenu à la lumière, ou s'il n'est pas dû à l'échauffement des tissus. » Enfin, résumant nos connaissances sur ce sujet, M. Duchartre écrit dans son *Traité de Botanique :* « Malheureusement aucune observation n'a démontré jusqu'à ce jour que la lumière agisse dans ce cas par elle-même, indépendamment de la chaleur qui l'accompagne. »

Pour reconnaître s'il était possible de lever ces incertitudes et de décider à quel agent il fallait attribuer le maximum d'influence sur l'évaporation, nous avons opéré sur du blé et de l'orge placés successivement au soleil, à la lumière diffuse et à l'obscurité complète. Les résultats obtenus sont réunis dans le tableau suivant:

Quantité d'eau évaporée en une heure par les feuilles exposées à la lumière diffuse et à l'obscurité.

NUMÉROS DE L'EXPÉRIENCE et nature de la plante.	CIRCONSTANCES de L'EXPÉRIENCE.	TEMPÉRATURE	POIDS de la feuille.	POIDS de l'eau recueillie.	POIDS D'EAU pour 100 de feuilles.
			gr.	gr.	
N° 1. Blé.	Soleil.	28°	2.419	2.015	88.2
	Lumière diffuse. . .	22	1.920	0.342	17.7
	Obscurité.	22	3.012	0.042	1.1
N° 2. Orge. . . .	Soleil.	19	1.510	1.120	74.2
	Lumière diffuse. . .	16	1.215	0.210	18.0
	Obscurité.	16	1.342	0.032	2.3
N° 3. Blé.	Soleil.	22	1.850	1.330	71.8
	Obscurité.	16	2.470	0.070	2.8
	Soleil.	25	1.750	1.320	70.3
N° 4. Blé.	Lumière diffuse. . .	22	1.810	0.110	6.0
	Obscurité.	22	1.882	0.015	0.7

Il paraît difficile de ne pas admettre, d'après les résultats précédents, que la lumière ou plutôt la chaleur lumineuse a sur l'accomplissement du phénomène une influence décisive. On remarquera, en effet, que dans l'expérience n° 2, la température au soleil n'était que de 19 degrés, tandis qu'elle était, dans l'expérience n° 1, de 22 degrés dans l'obscurité; et cependant, dans l'expérience au soleil, la quantité d'eau émise par 100 feuilles est 74,2 et seulement 1,1 pour 100 de feuilles dans l'obscurité.

Toutefois, comme ce point: l'évaporation de l'eau par les feuilles est surtout déterminée par la lumière, nous parut avoir une grande importance, on dut multiplier les essais, afin de vérifier les résultats précédents. Dans

un manchon de verre entourant le tube où était fixée la feuille, on dirigea pendant toute la durée de l'expérience un courant d'eau froide. Quand une feuille de blé du poids de 0 gr. 171 fut placée dans l'appareil au soleil, elle donna en une heure 0 gr. 168 d'eau, c'est-à-dire sensiblement son poids ; quand, au contraire, le manchon fut recouvert de papier noir, elle donna seulement 0 gr. 001 d'eau. Une autre feuille de blé pesant 0 gr. 182 donna dans le même appareil, au soleil, 0 gr. 171 d'eau et 0 gr. 003 à l'obscurité; pendant toute la durée de l'expérience l'eau était à 15 degrés.

Dans une autre expérience, l'eau à 15 degrés fut remplacée par de la glace fondante. Comme l'appareil était au soleil, la glace fondait très-vite, et à la partie inférieure du manchon où était placée la feuille, la température oscillait autour de 4 degrés; la feuille pesait 0 gr. 170. Elle donna en une heure 0 gr. 185 d'eau, c'est-à-dire 108 d'eau pour 100 de feuilles; c'est le poids le plus considérable qu'on ait obtenu. On ne saurait déduire de cette expérience que la chaleur n'a aucune action sur l'évaporation, mais il faut reconnaître que cette action est assez faible pour qu'il y ait avantage à refroidir l'appareil et à obtenir ainsi une condensation plus complète de la vapeur d'eau émise par la plante.

On sait qu'une dissolution d'alun, bien qu'à peu près transparente, est très-athermane: si l'on représente par 100 la chaleur qu'elle reçoit, 9 seulement peuvent la traverser; en remplaçant l'eau ou la glace du manchon par une dissolution d'alun, on trouva encore qu'une feuille du poids de 0 gr. 185 donna en une heure au soleil 0 gr. 175 d'eau. Ainsi l'expérience fut semblable à celle qui avait eu lieu dans l'eau pure, bien qu'une partie notable de la chaleur eût été arrêtée.

Expériences de 1870. La première partie de la funeste année 1870 a été remarquablement sèche; le soleil était éclatant, la lumière très-intense, et il était intéressant de chercher si, par suite du manque d'eau qui se faisait cruellement sentir, les plantes donneraient à l'évaporation moins de liquide que l'année précédente, qui avait été plus humide, ou si, ou contraire, l'influence de la lumière serait prépondérante et forcerait la plante à tirer du sol l'eau qu'il renfermait, jusqu'à la dernière goutte. C'est ce dernier effet qui se produisit. Le 6 juillet, on fit une expérience sur l'orge: les jeunes feuilles donnèrent en une heure 133 et 120 d'eau pour un poids de feuilles représenté par 100; les feuilles plus âgées donnèrent 76,9 d'eau pour 100 de feuilles. Le 7 juillet, on opéra sur du maïs; on obtint en une heure, de 100 de feuilles, 229, 187, 179 et 178 d'eau. Ce sont les nombres les plus forts qu'on ait encore trouvés; ils sont doubles des nombres obtenus en 1869.

Il n'avait pas plu cependant depuis un mois, et la terre à la surface était dure et sèche; mais à une profondeur de 20 centimètres elle renfermait encore 9 pour cent d'eau.

Le 14 juillet, le temps était couvert: on fit encore un essai sur les feuilles de maïs; en une heure 100 de feuilles donnèrent 29,2 d'eau. C'est donc là une nouvelle preuve que la lumière a sur l'évaporation une influence prépondérante.

Si les végétaux s'étiolent et ne prennent qu'un faible développement auprès des grands arbres qui les couvrent de leur ombre, c'est donc non-seulement parce que les arbres leur enlèvent une partie de l'eau disponible, mais aussi parce qu'ils y empêchent la transpiration en les mettant à l'abri des rayons du soleil.

Influence des divers rayons lumineux. Ainsi que l'a vu Daubeny, tous les rayons lumineux ne sont pas également efficaces pour déterminer l'évaporation de l'eau.

En opérant sur des feuilles placées dans des tubes entourés de manchons renfermant diverses dissolutions colorées, on arrive facilement à s'en convaincre. On obtient encore les mêmes résultats en prenant des dissolutions de couleurs différentes, mais présentant à peu près la même transparence.

Les expériences furent faites au mois d'octobre 1869, à l'aide des feuilles de maïs; elles ont fourni les résultats suivants:

Évaporation des feuilles de maïs exposées pendant une heure au soleil, dans des manchons renfermant des dissolutions diversement colorées.

COULEUR DE LA DISSOLUTION.	POIDS de la feuille.	POIDS de l'eau recueillie.	POIDS D'EAU pour 100 de feuilles.
	gr.	gr.	
Jaune orange (chlorure de fer)	0,335	0,201	60.6
Rouge (carmin dans l'ammoniaque)	0,200	0,103	51,0
Bleue (sulfate de cuivre ammoniacal)	0,320	0,130	40,6
Vert (chlorure de cuivre)	0,300	0,100	33,3

En 1870, on fit usage des rayons du spectre pour reconnaître si les différences signalées plus haut se poursuivaient encore; malheureusement, bien qu'on opérât par des journées éclatantes de juillet, la réflexion de la lumière sur le miroir de l'héliostat, son passage au travers du prisme, diminuent tellement son intensité, que les résultats obtenus sont très-faibles. C'est ainsi qu'après une exposition de deux heures dans les rayons jaune et rouge, une feuille de maïs de 0 gr. 432 donna 0 gr. 010 d'eau, et qu'une autre feuille de maïs du poids de 0 gr. 300, maintenue dans la lumière bleue et violette, n'abandonna dans son tube que 0 gr. 001 d'eau; la différence était bien dans le sens indiqué précédemment, mais le peu d'eau recueillie montre combien la lumière était affaiblie.

Évaporation de l'eau par les deux côtés de la feuille. Dans les expériences variées qu'il exécuta sur l'évaporation, Guettard reconnut que l'endroit des feuilles, la partie supérieure, évaporait plus d'eau que la partie inférieure; il opéra sur le cornouiller blanc. Plus récemment, M. Unger et M. Garreau ont repris cette question. Dans toutes les expériences, à l'exception de celle qui porta sur la guimauve (*althæa officinalis*), où les deux côtés de la feuille donnèrent la même quantité d'eau, la partie inférieure de la feuille évapora plus que la supérieure; ces résultats furent très-sensibles sur le dahlia et le canna.

J'ai répété, de mon côté, ces expériences, mais en opérant sur du seigle et en vernissant successivement l'une et l'autre face avec du collodion; j'ai toujours obtenu plus d'eau quand la face supérieure évaporait. Les nombres trouvés sont inscrits ci-après:

Évaporation comparée de l'envers et de l'endroit, de feuilles de seigle placées au soleil pendant une heure.

TEMPÉRATURE.	PARTIE DE LA FEUILLE ÉVAPORANT.	POIDS de la feuille.	POIDS de l'eau recueillie.	POIDS D'EAU pour 100 de feuilles.
		gr.	gr.	gr.
36°	Partie supérieure (endroit).....	0,251	0,150	59,2
32	—	0,340	0,238	70,0
35	—	0,112	0,075	66,9
35	—	0,205	0,145	70,7
36	Partie inférieure (envers).....	0,321	0,121	37,7
32	—	0,230	0,089	38,6
35	—	0,211	0,073	34,6
35	—	0,155	0,060	38,7

§ III. — *Eau évaporée par les cultures herbacées.*

En s'appuyant sur les nombres obtenus dans les expériences exécutées sur l'évaporation, les physiologistes ont souvent essayé de calculer la quantité d'eau évaporée par un hectare de terre couvert d'une récolte luxuriante, et il est possible, comme nous allons le voir, de faire ce calcul pour une journée claire et pour une journée sombre; mais on rencontre de grandes difficultés quand il s'agit d'évaluer la quantité d'eau évaporée par une plante pendant la durée de sa croissance.

Nous avons trouvé à Grignon que, dans un champ de maïs médiocrement garni, on comptait 30 pieds par mètre carré; le poids des feuilles, le 9 juillet, était environ de 242 grammes par mètre carré. Ces feuilles, par une journée claire, donnaient au minimum 150 pour cent d'eau en une heure, ou en dix heures 1500 d'eau pour 100 de feuilles. Les 242 grammes devaient donc donner 3630 grammes d'eau.

Ainsi, en une journée de dix heures, un mètre carré jetait dans l'air plus de 3 kilogrammes d'eau; un hectare donnait donc 30 tonnes. Ce chiffre peut paraître énorme; mais j'ai mis sous les yeux du lecteur tous les éléments du calcul, et je rappellerai qu'il n'est pas beaucoup plus fort que celui qu'on déduit des expériences de Hales, puisqu'on en peut tirer qu'un hectare planté en choux émettrait en une journée de douze heures 20 mètres cubes d'eau. Le botaniste Schleiden a déterminé, au moyen de pesées directes, la quantité d'eau évaporée, par un mélange d'avoine et de trèfle semé dans une caisse de tôle remplie de terre. Il l'avait trouvée égale à 3,284,000 kilogrammes par hectare, du 12 avril au 19 août. En comptant 129 jours pour cette période, on trouve que $\frac{3284}{129} = 25$ tonnes par jour, nombre peu différent de celui auquel je suis arrivé.

Ces nombres paraissent tout à fait exagérés, quand on les compare à la quantité d'eau qui existe dans le sol. On peut admettre que la terre arable a dans le champ de maïs où ont été faites les expériences précédentes 50 centimètres de profondeur; elle était desséchée jusqu'à 20 centimètres environ, et ne renfermait dans cette couche superficielle que 5 grammes d'eau par kilogramme, mais plus profondément on trouvait 90 grammes d'eau par kilogramme.

Cette terre pèse environ 1200 grammes par litre; nous avons donc pour la première couche de 20 centimètres, sur 1 mètre carré, un poids de 240 kilog. de terre renfermant seulement 1200 grammes d'eau. Mais les 30 centimètres placés au-dessous, pesant 360 kilog., renfermaient 33 kilog. d'eau. Ainsi on avait un total de 38 kilog. par mètre carré, ou 380 tonnes par hectare. On calculait donc qu'en treize jours, avec une évaporation semblable à celle du 9 juillet, toute l'eau de la terre serait épuisée. Mais il faut bien remarquer que toutes les journées sont loin de donner la même quantité d'eau évaporée: ainsi, le 14 juillet, le temps était couvert, 100 de feuilles donnaient seulement 29 d'eau; d'où les 242 grammes de feuilles auraient seulement donné en une heure 110 grammes d'eau, et en dix heures 1100 grammes au lieu de 3 kilogrammes. L'hectare n'aurait alors évaporé que 11 tonnes d'eau au lieu de 30.

L'épuisement est donc dans les jours couverts beaucoup moindre que dans les jours éclatants; mais toutefois ce calcul indique qu'il faut nécessairement que la terre reçoive de l'eau par capillarité des couches plus profondes; si les végétaux ne trouvaient pas cette ressource, ils périraient infailliblement sous l'influence des sécheresses prolongées comme celles qu'a supportées la France en 1870.

Il est extrêmement difficile d'arriver à calculer même approximativement ce qu'une culture évapore d'eau pendant le temps qu'elle reste sur le sol; cette évaporation dépend non-seulement de l'éclat de la lumière, mais encore du nombre des feuilles, de leur âge, et chacune de ces quantités variant à chaque instant, on ne peut introduire de moyenne qui ait quelque chance de représenter exactement le phénomène. Toutefois, il est remarquable que presque tous les calculs conduisent à ce résultat que l'eau évaporée est supérieure à celle que fournit la pluie; il est vraisemblable que la rosée vient combler partiellement le déficit, mais il reste encore sur ce sujet d'importantes recherches à exécuter. (Voyez, dans le n° de novembre 1871, des *Archives des sciences de la Bibliothèque universelle de Genève*, un Mémoire intéressant de M. E. Risler.)

§ IV. — *Les rayons lumineux efficaces pour déterminer la décomposition de l'acide carbonique sont aussi ceux qui déterminent l'évaporation.*

Nous avons vu (chapitre II) que les feuilles éclairées par les rayons jaunes et rouges agissent sur l'acide carbonique avec infiniment plus d'énergie que celles qui reçoivent les rayons verts, bleus ou violets. Nous venons d'indiquer que ces mêmes rayons sont aussi ceux qui déterminent l'évaporation; on jugera du parallélisme de ces deux actions par le tableau de la page suivante.

Ainsi, l'évaporation active de la plante cesse à l'obscurité, comme la décomposition de l'acide carbonique; les rayons rouges et jaunes favorisent l'évaporation; ils favorisent aussi la décomposition; les verts et les bleus sont sans efficacité sur ces deux actions, et les différences se maintiennent si l'on s'efforce d'opérer à l'aide de rayons présentant la même intensité lumineuse; enfin l'endroit des feuilles décompose mieux l'acide carbonique que l'envers (Voyez page 184); de même d'après les observations de Guettard, et d'après les miennes, dans certaines plantes au moins, l'évaporation est plus active par la face supérieure que par l'inférieure : il semble donc qu'il y ait entre ces deux actions une liaison occulte qui avait jusqu'à présent échappé aux physiologistes.

Influence comparée de divers rayons lumineux sur la décomposition de l'acide carbonique et sur l'évaporation de l'eau des feuilles.

Le manchon renferme :	Quantité d'acide carbonique décomposé en une heure par une feuille de blé pesant 0gr.180.	Quantité d'eau évaporée en une heure par une feuille de blé pesant 0gr.175.
L'atmosphère renfermait 38,8 d'acide carbonique pour 100 de gaz.		
Dissolution jaune de chromate neutre de potasse.	7cc,7	0 gr,111 d'eau.
Dissolution bleue de sulfate de cuivre ammoniacal. . . .	1 ,5	0 ,011 —
Dissolution violette d'iode dans le sulfure de carbone.. .	0 ,3	0 ,001 —
	La température était de 37°.	La température était de 38°.
La feuille pesait 0gr.172 ; l'atmosphère renfermait 22.2 d'acide carbonique.		
Dissolution rouge de carmin dans l'ammoniaque.	15cc,1	0 gr,161 d'eau.
Dissolution verte de chlorure de cuivre.	La feuille a émis 0cc.9 d'acide carbonique [1].	0 ,010 —

1. A la fin de l'expérience, on trouva 23,1 d'acide carbonique, au lieu de 22,2.

§ V. — *Composition de la séve ascendante.*

La puissance d'absorption des racines, les actions capillaires qui se produisent dans les fibres du bois, l'évaporation enfin, suffisent à expliquer le mouvement ascensionnel de l'eau dans la plante; mais il importe d'insister maintenant sur la composition du liquide qui traverse le végétal pour venir s'évaporer dans les feuilles.

Quand on examine la séve au premier printemps, on la trouve, en général, très-peu chargée de principes solubles; elle est presque uniquement formée d'eau pure, et présente parfois une ressource précieuse au voyageur altéré. M. Boussingault rapporte que, dans les régions équinoxiales, on boit avec plaisir la séve du *Guaduas*, gigantesque graminée qui atteint souvent l'énorme hauteur de 20 à 30 mètres; à l'analyse, cette séve n'a présenté en effet que des traces de sulfates, de chlorures et de matière animale.

D'après Knight, la séve croît en densité à mesure qu'elle s'élève davantage dans les arbres : la séve d'un *Acer platanoides* recueillie à l'aide d'une incision pratiquée au bas du tronc avait, selon cet habile observateur, une densité de 1,004; à trois mètres de hauteur, la densité était de 1,008; à quatre mètres, 1,012. Knight en conclut que, pendant sa marche ascensionnelle, la séve entraîne des substances déposées dans le bois et susceptibles de fournir les matériaux des bourgeons et des feuilles. En 1833 (*Nouvelles archives du Muséum*, t. II), M. Biot étudia la séve de différents arbres, qu'il se procurait en pratiquant des trous dans les arbres à différentes hauteurs; le résultat le plus remarquable de ses recherches fut que les séves renferment habituellement du glucose ou du sucre de canne dans les noyers et les sycomores, et du glucose dans les lilas.

Il remarqua que la première émission de séve est toujours la plus chargée. Nous avons eu occasion d'observer le même fait en étudiant à Grignon les pleurs de la vigne plusieurs jours de suite; tandis que les premières quantités recueillies renfermaient manifestement du sucre de canne, il ne fut plus possible de le déceler à l'aide du réactif de Fehling quelques jours plus tard.

Ces différences dans la composition de la séve expliquent comment différents observateurs ont obtenu, en l'étudiant, des résultats variés; comment M. Langlois a trouvé que la séve de la vigne ne renferme pas de sucre, mais seulement du phosphate et du tartrate de chaux dissous à la faveur de l'acide carbonique; de l'albumine, des nitrates et du sulfate de potasse; des lactates alcalins, du chlorhydrate d'ammoniaque. L'idée qui se présente naturellement à l'esprit pour expliquer ces différentes observations est que la séve renferme non-seulement les matières solubles de la terre arable, mais que, de plus, ainsi que le supposait Knight, elle dissout au moment de son passage au travers des tissus les matières qui s'y trouvent déposées, qu'elle se concentre ainsi à mesure qu'elle s'élève et qu'elle se charge d'une plus grande quantité de ces matériaux. Cette manière de voir rend compte encore de l'observation de M. Biot, vérifiée à l'école de Grignon, à savoir, que c'est pendant les premiers jours de son écoulement que la séve est le plus chargée, tandis qu'ensuite elle devient de plus en plus pauvre de principes organiques.

L'explication de ces derniers faits est facile quand on remarque qu'il existe une quantité assez notable d'amidon dans le tissu ligneux avant que la séve se soit mise en mouvement, mais qu'au contraire cet amidon disparaît absolument aussitôt que l'ascension commence. Nous verrons plus loin que, dans les graminées, les principes immédiats hydrocarbonés se succèdent dans l'ordre suivant : glucose, sucre, amidon, et il semble que dans les arbres nous assistons, au moment du réveil de la végétation, à une transformation précisément inverse, et que l'amidon donne successivement du sucre de canne et du glucose.

La réaction de l'iode sur l'amidon est tellement nette, que nous ne croyons pas que notre observation puisse être révoquée en doute, et elle nous paraît avoir ce grand intérêt, qu'elle nous indique l'origine des matériaux employés par la plante à la formation des premiers bourgeons. Ce qui a lieu dans les végétaux ligneux est donc tout à fait comparable à ce qu'on observe dans les végétaux herbacés pourvus de tubercules : dans l'un et l'autre cas ce serait dans une tige plus ou moins modifiée qu'existerait le dépôt d'amidon destiné à se transformer d'abord en glucose, pour cheminer aisément jusqu'aux points où, s'organisant en cellulose, il forme les premiers bourgeons, puis les feuilles.

Il est vraisemblable également que la matière albuminoïde que tous les observateurs ont constatée dans la séve de printemps est utilisée à la formation de la matière verte, dont un des principes est azoté. Mais ici encore, les matières contenues primitivement dans les racines ou dans les graines prennent une forme de transport pour cheminer dans l'eau qui s'élève dans la jeune plante; pour les matières azotées, cette forme de transport paraît être l'asparagine, résultant de l'oxyda-

tion des matières albuminoïdes qui a lieu au moment du réveil de la végétation. Cette asparagine diffère des albuminoïdes; elle renferme moins de charbon et d'hydrogène, mais plus d'oxygène, et dans quelques plantes elle ne peut revenir à l'état d'albuminoïde que sous l'influence de la lumière, qui détermine la formation dans la plante des éléments hydrocarbonés, sur lesquels réagit l'asparagine pour donner les albuminoïdes; quand la plante végète dans l'obscurité, l'asparagine y persiste. Voy. *Pfeffer*, *Bot. Zeitung*, 1874, n° 14.

Ainsi, soit dans la graine, soit dans les tubercules, soit dans le bois, la plante trouve les éléments nécessaires à la formation des feuilles; aussitôt qu'elles sont constituées, leur travail commence: elles déterminent par l'évaporation de l'eau un apport constant de matières azotées, elles décomposent l'acide carbonique, et mettent en œuvre les matériaux nécessaires à la formation des nouveaux organes.

§ VI. — *Apparition de la chlorophylle dans les feuilles.*

Les réactions qui déterminent la métamorphose du glucose ou de la dextrine en cellulose nous sont inconnues. Nous voyons dans la tige comme dans le tubercule, comme dans la graine, l'amidon disparaître, les hydrates de carbone solubles prendre naissance, puis disparaître au moment où s'organise la cellulose des nouveaux bourgeons; mais nous ignorons le mécanisme de cette transformation, ainsi que celui de la formation des principes qui donnent la matière susceptible de verdir au soleil ou sous l'influence de la lumière électrique.

Formation de la matière verte. La lumière électrique produit, en effet, sur des plantes étiolées développées dans l'obscurité, le même effet que la lumière solaire (Hervé Mangon, *Comptes rendus*, 1861, p. 263). Mais pour que la chlorophylle apparaisse en un point de ces feuilles, il faut que ce point-là même soit éclairé; l'influence de la lumière est tout à fait locale.

Si, d'après M. Sachs, on fixe une petite lame de plomb sur une feuille blanche développée dans l'obscurité, le reste de la feuille se colorera, tandis que la partie protégée par la lamelle restera incolore. Mais il faut, pour réussir cette expérience, que l'écran soit exactement appliqué. S'il peut pénétrer la moindre lumière pardessous, la partie protégée verdira, même avant les autres, à cause de la température plus élevée, favorable au développement de la chlorophylle, que maintiendra en ce point la lamelle de plomb.

Pour que les plantes restent d'un blanc jaunâtre, il faut qu'elles soient dans une obscurité absolue; quand elles sont insuffisamment protégées contre la lumière, elles verdissent. On peut élever du maïs dont les feuilles présentent la coloration verte normale, en recouvrant d'un cornet de papier le vase dans lequel on l'a mis à germer. Ce dernier résultat est important, car il explique comment les embryons de certaines graines verdissent, bien qu'ils ne reçoivent pas directement la lumière du soleil, et qu'ils soient protégés contre elle par des gousses ou des siliques.

Tous les rayons lumineux ne sont pas également efficaces pour déterminer la formation de la chlorophylle. M. Guillemin, puis M. Sachs, ont reconnu que les rayons jaunes et rouges, qui favorisent dans les feuilles la décomposition de l'acide carbonique mieux que les verts et les bleus, sont aussi ceux qui déterminent plus énergiquement le verdissement des plantes.

Les grains de chlorophylle, qui ont besoin de la lumière pour apparaître, ont aussi besoin d'être éclairés pour se maintenir à leur état normal, et dans l'obscurité les feuilles d'un certain nombre de plantes phanérogames deviennent d'abord vert clair, se couvrent de taches, et enfin jaunissent complétement. La privation de lumière est dans ce cas mortelle pour les feuilles.

Nous savons que parmi les principes qu'on peut extraire de la matière très-complexe, désignée sous le nom de chlorophylle, se trouvait une matière azotée; nous savons encore (§ 9, chap. IV) que c'est seulement dans les cellules renfermant de la chlorophylle qu'a lieu la décomposition de l'acide carbonique, et nous comprenons dès lors que le gain en carbone d'une plante soit lié à la quantité d'azote que le sol peut lui fournir. Dans les expériences exécutées dans les sols stériles, on voit les jeunes plantes ne faire de nouveaux organes qu'en utilisant les matériaux contenus dans ceux qui se sont développés les premiers; le développement d'une nouvelle feuille entraîne le dépérissement d'une feuille ancienne, et dans ces conditions la plante n'augmente que très-médiocrement son poids; la décomposition de l'acide carbonique n'a lieu qu'avec une certaine lenteur. Aussitôt, au contraire, que l'azote de l'engrais intervient, tout change, l'élaboration de la matière végétale augmente rapidement; c'est qu'en effet la plante possède alors les éléments nécessaires pour produire la chlorophylle sans laquelle la décomposition de l'acide carbonique ne saurait avoir lieu. La production de cette chlorophylle est très-nettement liée avec la richesse du sol, et les cultivateurs ont observé depuis longtemps combien contraste le vert sombre des plantes luxuriantes développées sur un sol bien fumé, avec le vert jaunâtre des plantes chétives qui croissent sur les terres appauvries.

§ VII. — *Migration des principes immédiats dans les végétaux.*

Les feuilles sont par excellence l'organe nutritif de la plante, c'est dans leurs cellules qu'ont lieu la décomposition de l'acide carbonique et de l'eau, la réduction des hydrates de carbone, les albuminoïdes enfin semblent y prendre également naissance; les feuilles servent en outre de dépôt pour la plante, puisqu'on y voit de l'amidon, qui y reste en réserve quand la production des principes immédiats est plus active que n'est leur consommation, mais si les substances qui s'y sont formées y séjournent pendant quelque temps, elles n'y persistent pas cependant indéfiniment; dans les plantes herbacées elles abandonnent successivement les feuilles du bas, qui jaunissent et tombent, pour s'accumuler dans les feuilles supérieures, puis enfin dans la graine. La conservation de l'espèce est dès lors assurée, l'individu se flétrit et meurt.

Dans les plantes vivaces, le réceptacle des principes immédiats est non-seulement la souche, mais encore le bois, dans lequel on découvre facilement de l'amidon, qui, résorbé au premier printemps, se transforme en glucose, puis en cellulose, pour former les jeunes feuilles à l'aide desquelles la plante va puiser de nouveau dans l'air ses aliments carbonés. Enfin, dans certains cas, c'est dans les tiges souterraines, tubercules ou rhizomes, ou même dans les racines que s'accumulent les principes immédiats élaborés par les feuilles pendant la belle saison.

Les substances minérales se déplacent aussi d'un point de la plante à l'autre; il convient même de commencer l'étude des migrations qui se succèdent dans les végétaux par celle des substances minérales, car la démonstration du fait même de la migration est plus facile pour des substances indestructibles que pour les matières combustibles, qu'on peut supposer disparaître en un point par combustion lente, et être formées de nouveau de toutes pièces en un autre point, avec l'acide carbonique, l'eau, etc. Cette opinion n'est certainement pas très-sérieuse, car on ne comprendrait pas pourquoi, dans les plantes herbacées, la formation de la graine n'a lieu qu'à la fin de la végétation et non au commencement, si cette graine élaborait elle-même les principes qu'elle renferme, et si elle ne bénéficiait pas du travail accompli par les feuilles; mais sans avoir recours

à ce mode de raisonnement, on peut démontrer l'existence de ces migrations en déterminant à diverses époques la composition des cendres des différentes parties de la plante. Leur destruction, puis leur formation, ne sauraient être invoquées comme elles le sont pour les principes combustibles; et si nous constatons la présence des phosphates, par exemple, en quantités notables dans les feuilles à un certain moment, puis qu'après avoir reconnu leur disparition des feuilles, nous les trouvions ensuite dans les graines, nous serons obligés de convenir qu'ils ont passé de l'un à l'autre.

Or, il résulte de nombreuses analyses, et notamment de celles qui ont été exécutées par M. le docteur Zoeller sur les cendres des feuilles de hêtre prises à diverses époques, que la composition des cendres varie singulièrement du printemps à l'automne. Au commencement elles renferment des quantités notables de potasse et d'acide phosphorique, mais le carbonate de chaux et la silice ne s'y trouvent qu'en très-faible proportion, tandis qu'au contraire à la fin de la saison, la potasse et l'acide phosphorique ont disparu et les cendres sont presque exclusivement formées par du carbonate de chaux et de la silice, c'est-à-dire par des matières solubles dans l'eau chargée d'acide carbonique, mais insolubles dans l'eau pure. Nous avons au reste insisté plus haut sur le mécanisme de leur accumulation dans les vieilles feuilles qui ont fonctionné longtemps comme appareil d'évaporation, et nous avons fait remarquer, en outre, que la potasse et l'acide phosphorique, qui étaient abondants au mois de mai dans les feuilles, ne se rencontrent plus dans les cendres des feuilles cueillies en octobre.

Ce fait, constaté par M. Zoeller, n'est pas isolé: il apparaît avec la plus grande netteté dans les plantes herbacées, quand on a la précaution d'en examiner successivement les organes; il ressort notamment très-clairement du beau mémoire de M. Isidore Pierre sur le développement du blé.

Migration de l'acide phosphorique pendant le développement du blé. Voici les résultats trouvés pour la quantité d'acide phosphorique contenue dans les feuilles à diverses époques du développement de la plante:

Proportion d'acide phosphorique par kilog. de matière sèche.

DÉSIGNATION DES PLANTES.	11 mai.	8 juin.	22 juin.	6 juillet.	25 juillet.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Troisièmes feuilles...	6.63	3.51	2.64	2.90	3.33
Quatrièmes feuilles..	5.68	2.57	3.06	1.99	2.34
Cinquièmes feuilles..	5.66	2.67	3.31	1.48	1.14

La diminution est donc bien sensible, et elle l'est encore plus qu'elle ne le paraît dans les nombres précédents. En effet, au 25 juillet, les feuilles ont non-seulement perdu de l'acide phosphorique, mais aussi du glucose, qui s'est transformé d'abord en sucre de canne, puis s'est condensé dans la graine sous forme d'amidon; de l'albumine, qui est devenu du gluten; et l'on conçoit que si la perte des matières organiques subie par la plante est plus grande que la perte des matières minérales, celle-ci ne soit pas sensible, ou qu'elle soit au moins singulièrement amoindrie quand on présente les résultats, comme nous l'avons fait plus haut, bien qu'elle soit très-réelle cependant.

C'est ce que M. Is. Pierre a très-bien fait voir en comparant la quantité d'acide phosphorique contenue dans les épis et dans les feuilles développées sur un hectare à diverses périodes de la végétation.

Poids total d'acide phosphorique par hectare.

DÉSIGNATION DES PLANTES.	11 mai.	3 juin.	22 juin.	6 juillet.	25 juillet.
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
Épis pleins.	»	2.43	4.33	8.31	10 88
Troisièmes feuilles...	1.90	0.59	1.05	0.85	0.86
Quatrièmes feuilles..	1.42	0.97	0.72	0.34	0.40
Cinquièmes feuilles..	0.86	0.67	0.16	0.35	0.05

Le transport est donc ici bien certain; l'épi a gagné ce que les feuilles ont perdu.

Les mêmes faits se reproduisent pour la migration de l'acide phosphorique dans le colza. (Mémoire de M. Is. Pierre, *Annales de chim. et de phys.*, 1860, t. IX, p. 429.)

Nous donnerons deux des tableaux dans lesquels cette migration apparaît avec le plus d'évidence:

Acide phosphorique contenu dans la récolte de colza obtenue d'un hectare.

ÉPOQUES des OBSERVATIONS.	RACINES.	TIGES EFFEUILLÉES et étêtées.	SOMMITÉS DES RAMEAUX avec fleurs ou siliques.	FEUILLES VERTES.	FEUILLES MORTES.	RÉCOLTE ENTIÈRE.
1859.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
22 mars....	7.67	9.59	3.77	17.56	»	38.59
2 avril....	8.00	14.64	5.09	15.65	1.58	44.96
6 mai.....	10.35	31.14	23.23	12.06	6.53	83.31
6 juin. ...	8.30	14.50	47.34	8.84	0.95	71.93
20 juin. ...	8.32	10.45	64.66	»	»	83.43

Dans le tableau suivant, le fait de la migration est encore, s'il est possible, plus nettement établi:

Aliquote par kilogramme d'acide phosphorique imputable à chacune des parties de la plante.

ÉPOQUES des OBSERVATIONS.	RACINES.	TIGES EFFEUILLÉES et étêtées.	SOMMITÉS DES RAMEAUX avec fleurs ou siliques.	FEUILLES VERTES.	FEUILLES MORTES.	PLANTE ENTIÈRE.
1859.						
22 mars....	199	248	97	456	»	1000
2 avril....	178	326	11	368	35	1000
6 mai.....	124	374	279	145	78	1000
6 juin. ...	115	202	658	12	13	1000
20 juin. ...	100	125	775	»	»	1000

Les commentaires sont inutiles; il est bien évident que tandis que sur 1,000 grammes d'acide phosphorique contenus dans la plante le 22 mars, les feuilles en accusaient 456, et les tiges ajoutées aux sommités des rameaux 345, au 6 juin les feuilles en contenaient 25 grammes, et le haut des tiges et les sommités des rameaux 860 grammes. Il est donc certain que l'acide phosphorique passe d'un point de la plante à l'autre.

M. Garreau a fait, en 1859, des observations dans le même sens que les précédentes; il a reconnu que les cendres des axes et des jeunes feuilles, des bourgeons,

sont riches en acide phosphorique au premier printemps, mais qu'au contraire les tiges herbacées, après maturation des graines, donnent des cendres qui n'en renferment plus que de faibles proportions.

Les mêmes faits s'observent pour les pois. M. Corenwinder a trouvé dans de jeunes tiges de 7 centimètres de hauteur 27,46 d'acide phosphorique pour 100 de cendres, et, après maturité des graines, il a trouvé, dans les cendres des tiges sèches, acide phosphorique 4,44 pour cent.

Dans les cendres de jeunes fèves dont les deux premières feuilles seulement étaient épanouies, il a trouvé 24,62 pour cent d'acide phosphorique, et seulement des traces dans ces mêmes tiges après maturité des graines.

La migration de l'acide phosphorique, son transport d'un organe à l'autre, n'est donc pas douteuse. On pourrait citer des faits tout aussi concluants relativement à la migration de la potasse, car, en général, il ne reste dans les vieilles feuilles que les éléments minéraux solubles dans l'eau chargée d'acide carbonique, mais insolubles dans l'eau pure, qui s'y sont déposés par l'évaporation ou la décomposition de l'acide carbonique.

Les faits précédents présentent, au point de vue de la culture, un renseignement d'une haute importance. Ils nous font voir que l'acide phosphorique est particulièrement utile aux plantes cultivées pour graines, puisqu'il vient s'accumuler peu à peu dans celles-ci et qu'on le voit successivement abandonner les feuilles dans lesquelles il était contenu d'abord pour arriver jusqu'à la sommité des siliques, et se concentrer dans les graines. L'expérience de la culture a en effet démontré que, dans les terrains formés par la désagrégation des roches qui ne renferment pas de phosphore, tels que les terrains granitiques, l'apport des engrais phosphatés est indispensable. On sait, en effet, que la Bretagne formée par la décomposition de ces roches granitiques est la partie de la France qui a consommé et qui peut-être consomme encore la plus grande quantité d'engrais phosphatés. Il est probable qu'au contraire les terres provenant des roches volcaniques, telles que les terres d'Auvergne, ne bénéficient que dans une moindre mesure des engrais phosphatés. En effet, il résulte des analyses exécutées par M. P. Gasparin que le phosphate se trouve dans ces sols en proportions relativement considérables.

Il ne faudrait pas toutefois exagérer la portée des résultats précédents, et croire que les seules cultures auxquelles les engrais phosphatés sont nécessaires sont les cultures destinées à fournir des graines; l'expérience enseigne au contraire que les cultures de racines reçoivent ces engrais avec grand avantage; en France l'emploi des superphosphates sur les cultures de betteraves commence à s'introduire, et il est absolument général en Angleterre sur les cultures de *turnips* ou navets qui commencent les rotations.

Migration des principes azotés. Il y a longtemps que les cultivateurs ont observé que lorsqu'on laisse monter un fourrage à graine pour récolter celle-ci séparément, il a une valeur nutritive beaucoup moindre que s'il avait été consommé avant la formation et la maturité des grains. Cette ancienne observation de la pratique se trouve justifiée par les travaux récents sur la maturation du blé et du colza, de M. Is. Pierre que nous citons plus haut.

Dans le travail sur le colza (*Annales de chimie et de physique*, 3e série, 1860), M. Is. Pierre donne plusieurs tableaux indiquant la quantité d'azote contenue dans les diverses parties de la plante à l'état vert et à l'état sec; mais le fait du transport des matières azotées pendant la durée de la végétation est mis plus complétement en lumière dans le tableau suivant, où nous voyons l'azote, d'abord contenu en plus grande quantité dans

NUTRITION DES VÉGÉTAUX.

les feuilles et les racines, les abandonner pour s'accumuler dans les sommités des rameaux.

Aliquote par kilog. d'azote imputable aux diverses parties de la plante.

ÉPOQUES des OBSERVATIONS.	RACINES.	TIGES EFFEUILLÉES et étetées.	SOMMITÉS DES RAMEAUX avec fleurs ou siliques.	FEUILLES VERTES.	FEUILLES MORTES.	PLANTE ENTIÈRE.
1859.						
22 mars....	117	210	135	588	»	1000
2 avril....	116	233	174	451	26	1000
6 mai.....	74	272	378	199	77	1000
6 juin. ...	61	183	688	13	55	1000
20 juin. ...	51	114	835	»	»	»

On remarquera, dit M. Is. Pierre, que les sommités des rameaux, au moment de la maturité, contiennent plus des quatre cinquièmes de l'azote de la récolte entière.

Dans le tableau suivant, nous voyons la quantité d'azote contenue dans la récolte totale d'un hectare atteindre un certain maximum, puis retomber à un chiffre un peu plus bas; mais nous voyons encore tous les organes s'appauvrir peu à peu aux dépens de la sommité des rameaux avec fleurs ou siliques.

Azote combiné renfermé dans la récolte produite par un hectare.

ÉPOQUES des OBSERVATIONS.	RACINES.	TIGES EFFEUILLÉES et étetées.	SOMMITÉS DES RAMEAUX avec fleurs ou siliques.	FEUILLES VERTES.	FEUILLES MORTES.	RÉCOLTE ENTIÈRE.
1859.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
22 mars...	10.28	18.42	11.84	47.30	»	87.84
2 avril...	10.86	21.75	16.26	42.02	2.33	93.22
6 mai....	9.73	35.83	49.63	26.16	10.07	131.40
6 juin. ..	7.53	22.69	85.52	1.60	6.86	124.19
20 juin. ..	5.96	13.41	99.77	»	»	117.11

Dans les tiges ététées, dépouillées de leurs feuilles, la quantité totale d'azote augmente jusqu'à l'époque de la formation des graines, puis diminue ensuite, et tombe au-dessous de la quantité trouvée au moment de la première observation, tandis que le poids de la matière sèche triple dans le même laps de temps.

Les sommités des rameaux seules offrent un accroissement constant et toujours considérable depuis la première jusqu'à la dernière observation. Ainsi le 20 juin les sommités des rameaux renferment près de 100 kilogrammes d'azote combinés sur les 117 que renferme la récolte totale, tandis que le 22 mars, sur les 87 kilogrammes que renfermait le colza, les sommités des rameaux n'en contenaient pas tout à fait 12.

« Si dans la récolte entière on voit, à partir de l'observation du 6 mai, la quantité totale d'azote diminuer, il est naturel de l'attribuer à ce que, dans les dernières observations, une partie des feuilles mortes a disparu et n'a pu être recueillie.

« Il est curieux de voir qu'en négligeant, dans l'observation du 6 juin, la quantité d'azote contenue dans les

feuilles mortes, on retrouve exactement la même quantité totale d'azote dans la récolte du 6 juin et dans celle du 20 juin, malgré les grandes différences que l'on observe dans les différentes parties; ce qui semble indiquer qu'à partir de la première de ces deux époques, les principes azotés de l'organisme de la plante, abstraction faite des transformations qu'ils y peuvent encore subir, n'éprouvent plus d'accroissement important, mais obéissent à une action qui tend à les entraîner de la base de la plante vers la partie supérieure. »

Nous extrayons encore du mémorable travail de M. Is. Pierre sur le développement du blé, le tableau suivant dans lequel nous voyons la matière sèche d'abord, contenue pour moitié dans les feuilles, arriver ensuite aux tiges et aux sommités des rameaux.

Matière sèche produite sur un hectare (blé).

ÉPOQUES des OBSERVATIONS.	RACINES.	TIGES EFFEUILLÉES et étêtées.	SOMMITÉS DES RAMEAUX avec fleurs ou siliques.	FEUILLES VERTES.	FEUILLES MORTES.	RÉCOLTE ENTIÈRE.
1860.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
22 mars....	816	943	208	1745	»	3712
2 avril....	898	1310	323	1610	150	4291
5 mai.....	1285	3861	1493	911	907	8457
6 juin.....	1156	3278	3887	66	814	9201
20 juin.....	1189	2987	5018	»	»	9194

Migration des matières organiques dans le blé. Les conclusions du travail du savant doyen de la Faculté des sciences de Caen ont une telle importance, que nous les reproduisons en entier (Delagrave, *Recherches expérimentales sur le développement du blé*, 1866):

« 1° Quinze à vingt jours au moins avant la moisson, le poids total de la récolte, prise en masse et dans son ensemble, cesse d'augmenter;

« 2° Pendant ces quinze à vingt jours, l'épi emprunte aux différentes parties de la tige qui le supporte à peu près tout l'accroissement de poids qu'il éprouve;

« 3° Il semble résulter de là que, plusieurs semaines avant la moisson, la vie de la plante est une vie tout intérieure, dans laquelle l'intervention du sol, et en général des agents extérieurs, doit être peu importante [1], que la plante doit contenir alors toute sa provision de substance, et que les derniers efforts de la vie végétative ne semblent plus avoir alors d'autre but et d'autre effet qu'un complément d'élaboration et une répartition différente des principes nutritifs de la plante principalement au profit de la graine;

« 4° Dans les feuilles considérées à part et toutes ensemble, la diminution de poids, quelle qu'en soit l'explication, paraît commencer environ quatre semaines avant la moisson;

« 5° Une diminution analogue se manifeste également dans les entre-nœuds supérieurs dépouillés de leurs feuilles. »

Quant aux migrations de l'azote, voici à quels résultats ont conduit les nombreux dosages exécutés:

« La proportion d'azote contenue dans un kilogramme de chacune des parties de la plante éprouve une diminution graduelle et rapide à mesure que la plante avance vers la maturité. (Les épis pleins et complets forment une exception, sur laquelle nous reviendrons plus loin.)

« Si, au lieu de suivre une même subdivision de la plante aux diverses époques successives d'observation, nous comparons, à une même époque quelconque, les subdivisions de même nature, soit les diverses feuilles entre elles, soit les nœuds entre eux, soit les entre-nœuds, en descendant du sommet de la plante vers la base, nous observons également une diminution progressive de richesse dans les entre-nœuds successifs; aussi bien que dans les feuilles et dans les nœuds, en sorte que les parties ayant terminé le plus anciennement leur développement sont toujours les plus pauvres en azote.

« Cet appauvrissement ne peut pas être attribué uniquement, comme on pourrait être tenté de le faire, à une augmentation de poids des parties, augmentation par suite de laquelle la même quantité d'azote, répartie entre un plus grand nombre de kilogrammes, en fournirait naturellement moins à chacun d'eux: en effet, le poids total des feuilles, celui des nœuds et celui des entre-nœuds éprouvent eux-mêmes, pendant les quatre dernières semaines qui précèdent l'époque de la moisson, une très-notable diminution.

« C'est surtout l'absorption due au développement de l'épi qui est la principale cause de l'appauvrissement que nous venons de signaler dans les autres parties.

« *Poids total de l'azote.* Pendant le dernier mois, certaines parties en ont perdu les trois quarts de ce qu'elles en contenaient auparavant, principalement les parties supérieures, les plus jeunes, celles dans lesquelles les phénomènes de la vie s'accomplissent avec le plus d'activité [1].

« Mais, tandis que les autres parties de la plante perdent ainsi la majeure partie de leur azote, l'épi en gagne énormément pendant le même temps. (Dans les expériences exécutées par M. Is. Pierre, en 1864, il en a gagné, pendant le dernier mois, environ 200 p. 100.) C'est donc par suite d'un phénomène de transport vers l'épi que le reste de la plante perd, pendant les dernières semaines, les deux tiers de son azote. Le poids total de l'azote contenu dans la récolte entière (épis compris) paraît atteindre son maximum environ un mois avant la maturité du blé. Le poids total de l'azote contenu dans la totalité des feuilles ou dans la totalité des *tiges nues*, après avoir progressé jusques après la floraison, commence à décroître ensuite d'une manière continue plus de six semaines avant la moisson. »

A ces résultats si nets et si précis, nous pourrions ajouter ceux que nous ont donnés nos recherches sur la migration des principes hydrocarbonés; mais nous préférons ne les résumer que lorsque nous aurons étudié les causes mêmes de cette migration.

§ VIII. — *Du mécanisme de la migration dans les végétaux herbacés.*

Les faits précédents établissent nettement que les principes immédiats formés dans un des organes de la plante n'y persistent pas indéfiniment, mais abandonnent cet organe pour pénétrer dans un autre [2]. La feuille,

1. Nous verrons plus loin que nous différons ici d'opinion avec M. Is. Pierre, et que c'est pour nous sous l'influence de l'évaporation déterminée par la lumière qu'a lieu le transport des éléments dans la plante. Il est possible, au reste, que, dans l'esprit de M. Is. Pierre, le mot « agent extérieur » doive s'entendre surtout des engrais qui ne peuvent avoir à ce moment aucune utilité sur le développement de la plante, ainsi que la pratique agricole l'a reconnu depuis longtemps.

1. Les épis ne sont pas compris dans cette appréciation.

2. Si les feuilles sont l'organe dans lequel prend naissance le glucose et souvent aussi l'amidon, enfin aussi les matières albuminoïdes, il est possible que certains autres principes immédiats se forment plutôt dans d'autres parties de la plante: c'est ainsi qu'on trouve souvent le sucre de canne plus abondant dans les tiges que dans les feuilles. Cette observation est particulièrement facile à vérifier sur les maïs et sur le

ainsi que nous l'avons dit plus haut, nous apparaît donc comme le laboratoire dans lequel prennent naissance les principes immédiats, et sans doute aussi comme le réservoir dans lequel ils séjournent provisoirement pour arriver enfin jusqu'à la graine.

Toutefois, si les considérations précédentes établissent nettement le fait de la migration, elles n'indiquent en aucune façon le mécanisme de celle-ci, et nous devons nous efforcer de le découvrir.

Le mouvement des principes immédiats solubles dans les plantes monocotylédones herbacées, comme les céréales, que nous avons particulièrement étudiées, est dû pour nous à la différence de puissance évaporatoire des feuilles dans le jeune âge et à une époque plus avancée de leur maturité.

Nous avons reconnu, en effet (§ 1), que les feuilles du bas des tiges de seigle évaporent dans le même temps et à la même lumière une quantité d'eau infiniment plus faible que les feuilles du haut ; la différence pouvait aller du simple au double. Nous avons reconnu le même fait dans les feuilles de maïs, dans celles de colza, et il n'y a aucune raison pour qu'il n'en soit pas ainsi dans toutes les plantes herbacées. C'est de cette différence d'évaporation que nous voulons tirer l'explication du transport des principes immédiats des feuilles du pied à celles du sommet, et nous aurons recours d'abord, pour éclairer la question, à une expérience exécutée à l'aide d'appareils de laboratoire.

Dans un flacon renfermant une petite quantité d'eau, plongent deux mèches de coton assujetties dans des tubes de verre (fig. 4). L'une est imprégnée de sul-

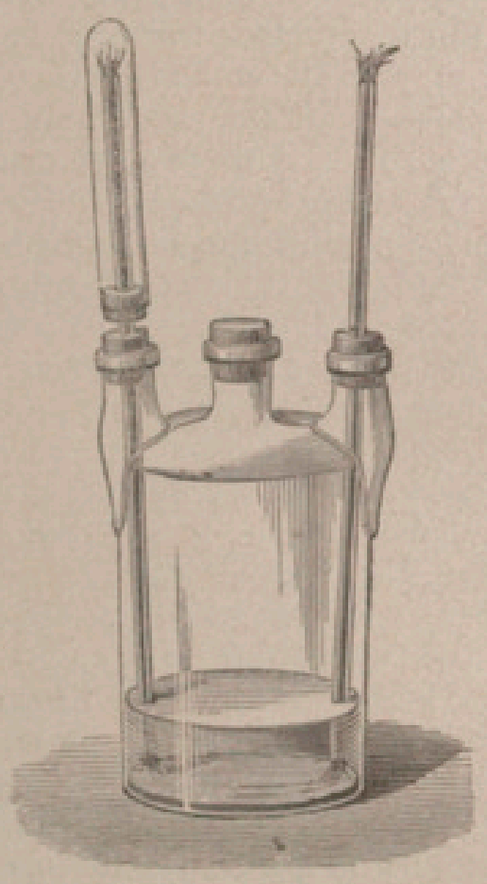


Fig. 4.

fate de cuivre, et son extrémité supérieure s'épanouit librement à l'air; l'autre a été trempée dans une dissolution de ferrocyanure de potassium, et son extrémité libre est enfermée dans un tube d'essai, dont l'atmosphère, bientôt saturée de vapeur d'eau, empêche toute évaporation. Il n'en est pas de même pour la mèche à sulfate de cuivre; elle évapore constamment. Après quelques jours, une partie notable du sulfate de cuivre qu'elle renfermait est venue cristalliser à son extrémité,

seigle; il est possible également que les principes hydrocarbonés, tels que les résines, se produisent dans les tiges; on observe au moins dans les tiges un dégagement d'acide carbonique supérieur à l'oxygène consommé, ce qui indique dans ces organes la formation de principes plus pauvres en oxygène que les hydrates de carbone. (Expériences encore inédites.)

et un peu plus tard, de larges taches brunes, produites par la réaction du ferrocyanure de potassium sur le sulfate de cuivre, annoncent que le sel soluble contenu dans la mèche sans évaporation, appelé par le courant ascensionnel que détermine l'évaporation à ferrocyanure, a quitté la mèche dans laquelle il avait été placé; il s'est transporté au travers de l'eau jusqu'à la mèche où l'évaporation est active.

La différence d'évaporation a donc suffi pour déterminer, dans cet appareil, un mouvement analogue à celui qui a lieu dans le végétal gorgé d'eau, lorsque l'évaporation, activée par la lumière éclatante des longues journées d'été, lance dans l'air les quantités énormes d'eau que nous avons signalées dans les paragraphes précédents.

Quand le sol se dessèche, durcit, que son humidité s'épuise, les jeunes feuilles ne peuvent suffire à leur dépense incessante qu'en puisant l'eau de tous côtés: c'est alors qu'elles dépouillent les feuilles plus anciennes, chez lesquelles la force d'évaporation est déjà affaiblie de l'eau qu'elles renferment et des principes que celle-ci tient en dissolution; c'est alors aussi que la maturation avance.

Dans les régions septentrionales, l'été est court, mais les jours sont d'une grande longueur, et l'évaporation fonctionnant plus activement que dans les régions où le soleil ne reste pas aussi longtemps au-dessus de l'horizon, les plantes accomplissent en un temps plus court leur cycle de végétation.

Quand les années sont sèches, que le soleil se montre chaque jour avec une implacable sérénité, l'évaporation est trop active et les récoltes ne sont pas aussi abondantes que dans les années où la lumière est moins éclatante. Pendant l'année 1870, les mois de mai et de juin ont été presque constamment beaux, et la végétation a été trop hâtée: l'avoine avait à peine à Grignon la moitié de sa hauteur ordinaire; les feuilles ont vécu trop vite; elles ont été desséchées trop tôt par une évaporation trop active, et elles n'ont pas pu former, pendant leur vie de courte durée, la même quantité de principes immédiats que si elles avaient fonctionné pendant un temps plus prolongé.

Si au contraire le temps est couvert, que la pluie soit fréquente, que la terre soit gorgée d'eau, tout s'arrête; le transport n'a pas lieu. Les feuilles, en effet, trouvent dans ce cas, dans le sol, des quantités d'eau notables; les plus jeunes n'enlèvent pas aux plus anciennes l'eau qu'elles évaporent, et l'on ne voit plus les principes immédiats émigrer d'un organe à l'autre, pour venir s'accumuler dans les feuilles supérieures. Ce sont là les saisons, comme chacun sait, favorables aux herbages, mais non à la culture des plantes dont on veut obtenir des graines.

Ainsi, d'après nous, l'évaporation, plus active chez les jeunes feuilles que chez les anciennes, est la cause déterminante du mouvement des principes immédiats nécessaire à la maturation; et comme cette évaporation est produite par la lumière et non par la chaleur, on conçoit que deux années également chaudes pourront être inégalement favorables à la végétation, si elles sont inégalement lumineuses [1].

1. Nous tenons de M. Thénard que les années 1865 et 1866 ont donné en Bourgogne des vins très-différents : ceux de 1865 étaient excellents, ceux de 1866, détestables. Cependant la quantité de chaleur que le sol avait reçue était la même pendant les deux années; mais en 1865 le ciel avait été habituellement clair, tandis qu'il avait été couvert en 1866. Il existe en Bourgogne une locution qui vient encore confirmer les faits précédents. On désigne la bise comme la mère nourricière des coteaux. Or la bise est le vent du Nord-Est, vent froid, mais qui chasse les nuages et laisse au soleil tout son éclat.

NUTRITION DES VÉGÉTAUX.

§ IX. — *De l'établissement des prairies naturelles.*

Les faits précédents nous montrent que la condition nécessaire pour que la plante puisse mûrir sa graine est le transport des principes immédiats des feuilles inférieures aux feuilles supérieures, déterminée par l'évaporation plus rapide des jeunes organes qui enlèvent aux organes plus âgées, avec l'eau qu'ils renferment, les principes immédiats qui y sont contenus.

Si le transport ne s'établit pas, la plante reste toujours verte, la maturation n'a pas lieu, et l'on peut observer un développement exagéré des parties vertes sans maturation. C'est là ce qui a lieu souvent dans les cultures établies à Gennevilliers avec les eaux d'égout: on remarque souvent que les pieds d'orge, de blé, de seigle, placés près des conduites, restent verts indéfiniment, s'élèvent à une grande hauteur, mais ne donnent que très-peu de graine. C'est là ce qui a lieu encore dans les pays pluvieux, où la terre largement abreuvée d'humidité fournit amplement à l'évaporation, sans que les feuilles supérieures soient contraintes d'absorber l'eau contenue dans les feuilles inférieures; c'est là ce qui arrive enfin dans les terrains humides qui deviennent ainsi peu favorables à la culture des grains, mais qui le sont au contraire singulièrement à la culture des prairies.

M. Belgrand a, en effet, établi la loi fondamentale de cette culture dans l'ouvrage qu'il a consacré à l'étude de la Seine. D'après les observations qu'il a pu réunir sur les cultures établies dans le bassin de la Seine « les prairies naturelles sont établies non-seulement au bord des cours d'eau des terrains imperméables, mais encore à flanc de coteau et jusqu'au sommet des montagnes. Lorsque le terrain est perméable cette culture est resserrée dans la partie du fond des vallées submergées par les crues des cours d'eau. »

On conçoit facilement comment une semblable règle a pu s'établir, si on se reporte aux considérations que nous venons de développer dans le chapitre précédent. Pour qu'une prairie donne un fort rendement en foin, il faut que la terre soit toujours abreuvée afin que le transport ne puisse s'établir et que la plante reste verte tout entière; si l'eau vient à manquer, les feuilles du bas se sèchent, durcissent; la graine se forme, mais ce n'est pas là ce qu'on recherche. Il faut donc pour que l'herbe soit abondante qu'elle ait ses racines constamment plongées dans une terre humide, par suite dans une terre imperméable; mais cette condition nécessaire n'est pas suffisante. Si, en effet, l'eau est stagnante, si elle ne se renouvelle pas, elle perd son oxygène; les racines y pourrissent, la tourbe apparaît. Aussi M. Belgrand fait-il encore remarquer « que la culture des prairies est impossible sur les plateaux dépourvus de pente même lorsqu'ils sont imperméables; en effet, pour éviter l'inconvénient des eaux stagnantes on est conduit à pratiquer le drainage qui a précisément pour but de rendre le sol perméable et par suite impropre à la culture des prairies.

Il faut remarquer enfin que, si une certaine quantité d'eau est nécessaire, un excès est nuisible aux prairies; aussi celles qui tapissent les lieux de sources sont tourbeuses ou au moins marécageuses, et donnent des produits de mauvaise qualité.

C'est ce qui ressort nettement de la comparaison établie par M. Belgrand entre les prairies du Morvan, qui reposent sur le granit dans un lieu de source, et qui ne donnent jamais que du foin de mauvaise qualité, et les prairies du liais et du terrain crétacé inférieur de l'Auxois et du Nivernais, qui portent le nom de *prés d'embauche*, et qui servent à l'engraissement des bœufs charolais.

Les prairies du terrain crétacé inférieur du pays de Bray nourrissent surtout des vaches laitières, qui fournissent le beurre célèbre de Gournay et les fromages non moins estimés de Neufchâtel: ce n'est pas seulement, comme il a été dit plus haut, dans le fond des vallées que s'étendent les prairies, elles s'élèvent au contraire sur le flanc des coteaux jusqu'à la naissance des plateaux, ainsi qu'on peut le voir dans la vallée de La Béthune.

Si, au lieu de rester dans les terres imperméables qui portent les prairies justement célèbres dont nous venons de parler, nous passons aux terrains perméables, nous n'y trouvons plus que des prairies rares et fournissant habituellement du foin de mauvaise qualité : c'est ainsi que dans les calcaires oolithiques, dans la craie, ou le sable de Fontainebleau, les prairies n'occupent pas le centième de la surface du territoire.

Cultures du Midi et cultures du Nord. Quand on réfléchit à l'influence qu'exerce la lumière sur le phénomène d'évaporation, quand on songe aux immenses quantités d'eau que les plantes herbacées jettent dans l'atmosphère pendant une journée où le soleil brille de tout son éclat, on comprend facilement comment les cultures arbustives ont pris dans les régions méridionales une extrême importance comparée aux cultures annuelles. Il est clair que l'olivier, le mûrier, la vigne évaporent beaucoup moins d'eau que les céréales, plongent leurs racines à des profondeurs considérables, et par suite vont chercher au-dessous de la souche desséchée par l'ardeur du soleil l'eau que le sol renferme encore; ils vivent donc sur un sol où beaucoup de plantes herbacées périraient par suite de la sécheresse. Parmi les fourrages, la luzerne, dont les racines pivotantes s'enfoncent encore dans le sol fort avant, est encore capable de résister; mais le trèfle qui ne reste sur le sol que moins longtemps y réussit beaucoup moins bien.

Quelques plantes qui évaporent beaucoup sont cependant encore cultivées dans le Midi, mais leur développement est subordonné à la quantité d'eau qu'on peut leur fournir: c'est ainsi que j'ai eu occasion de voir, en Portugal, des maïs à tous les degrés de développement. Au mois d'août les uns étaient mûrs, tandis que les autres avaient à peine 30 centimètres de hauteur; on n'avait pas une quantité d'eau suffisante pour arroser toute la surface disponible, et on ensemençait les diverses parties du champ les unes après les autres de façon à donner à chacune d'elles la quantité d'eau nécessaire à son développement.

Quand l'eau est abondante, la culture du Midi devient, au reste, extrêmement riche. On en peut juger dans les vallées de la Haute-Garonne et de l'Ariége qui reçoivent les eaux des Pyrénées; la culture du maïs mêlée à celle des haricots fournit des résultats très-élevés. Il en est de même dans les parties de la Provence qui sont arrosées; on y obtient cinq ou six coupes de luzerne chaque année, et il n'est pas douteux que lorsqu'on aura exécuté les travaux d'art nécessaires pour recueillir les eaux qui découlent des montagnes, les cultures de ces régions ne deviennent aussi florissantes que celles de Valence ou de l'Andalousie, bien que les cultures y soient différentes.

Dans les régions septentrionales de notre pays, la pluie est plus abondante que dans le midi pendant la saison chaude, le soleil y est moins éclatant, de telle sorte que les cultures herbagères, les cultures annuelles y prospèrent sans qu'on ait besoin de la pratique de l'irrigation au même degré que dans le Midi. Il arrive même souvent que la pluie y est exagérée, et que la terre trop humide n'est ramenée à son état normal que par le drainage qui prend une importance considérable dans les pays très-pluvieux comme l'Angleterre.

Sans que nous insistions davantage, le lecteur comprend que, si l'on désire obtenir des fourrages verts, il faut que la terre soit abreuvée de telle sorte que le transport de l'eau, et par suite des principes immédiats des feuilles

à l'autre, n'ait pas lieu; que si, au contraire, on cultive des plantes à graine, il est nécessaire que le transport ait lieu, que par conséquent la terre à un moment donné soit sèche. Il ne faut pas cependant que ce transport ait lieu trop rapidement; car si les feuilles ne fonctionnent que pendant un temps très-court, elles n'auront élaboré qu'une faible quantité de matière, et par suite la récolte elle-même sera peu abondante. C'est là ce qui arrive quand la maturation des céréales est très-précipitée, et c'est à cette cause qu'il faut attribuer surtout le faible rendement des récoltes de 1873 dans le nord de la France; c'est au reste ce qui apparaîtra avec plus de netteté encore dans les paragraphes suivants.

§ X. — *Métamorphoses des principes immédiats dans les plantes herbacées.*

Nous avons vu déjà que le glucose paraissait être le premier principe formé par les feuilles dans les premiers temps de la végétation, et qu'il est probable qu'il prenait naissance par l'union directe de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène; avec le tannin, il forme la plus grande partie de la matière ternaire, soluble au premier printemps dans les feuilles de blé.

C'est ce que démontre l'analyse suivante des feuilles de blé recueillies le 25 mars:

Eau.	72,20
Matière azotée totale.	6,14
Glucose.	3,10
Tannin.	2,30
Matière verte soluble dans l'alcool.	2,50
Cendres.	2,50
Cellulose (par différence).	11,16 [1]
	100,00

Une grande partie de l'albumine était soluble dans l'eau; il est facile de s'assurer qu'il en est habituellement ainsi, en faisant au printemps un extrait des feuilles et en le portant à l'ébullition: on voit se produire un abondant précipité qui entraîne habituellement la matière verte. Si l'on continue l'examen du blé vers la fin du mois de juin quand les feuilles qui se sont développées les premières commencent à jaunir, on observe une métamorphose importante; le glucose disparaît peu à peu, et au contraire on voit apparaître de sucre de canne.

Il semble que, tant que la plante forme de nouveaux organes qui exigent pour leur formation de la cellulose, le glucose soit l'hydrate de carbone le plus abondant qui prenne naissance dans les feuilles [2]; mais que plus tard, au contraire, quand la maturité avance et que la plante commence à former ses graines, ce soit le sucre de canne qui se produise.

Le 1er juillet 1869, on a prélevé simultanément, dans un champ de blé, des feuilles au bas de la tige, des feuilles en haut de la tige, et l'on a analysé également le haut des tiges, et enfin les grains eux-même. Voici les résultats obtenus:

Analyse du froment récolté le 1er juillet 1869.

DÉSIGNATION.	Feuilles du bas.	Feuilles du haut.	Haut des tiges.	GRAIN.
Eau.	78.1	85.1	84.3	86.5
Sucre de canne. . .	1.9	4.1	4.2	0.2
Glucose et dextrine.	0.6	1.8	0.6	3.6
Amidon.	»	»	»	4.6

On reconnaît qu'à cette époque, dans les organes autrefois si riches en glucose, le sucre de canne domine; que le glucose et la dextrine y ont singulièrement diminué, mais qu'ils reparaissent en partie dans les grains. Dans ceux-ci, au contraire, on ne trouve guère de sucre de canne.

Ce fait n'est pas particulier au froment. On constate dans le maïs des faits tout à faits analogues, qui ont été observés depuis longtemps, et notamment par E. Pallas, en 1837. En examinant le maïs avant la maturité des grains, on a trouvé dans 100 de matière sèche 7 de glucose, et des traces à peine sensibles de sucre dans les feuilles; et au même moment, dans 100 parties de tiges sèches, des traces de glucose et 27 pour 100 de sucre de canne.

Quand l'amidon apparaît dans l'épi, le sucre devient moins abondant dans les tiges et finit par disparaître complétement; il suffit de mâcher des tiges encore vertes de maïs de froment ou de seigle quelque temps avant la maturité ou quand celle-ci a eu lieu, pour rester convaincu de cette disparition du sucre de canne au moment ou l'amidon se concentre dans les grains.

On sait encore, d'après les observations de M. Péligot, que le sucre de canne, tenu en réserve pendant l'hiver dans la betterave, disparaît absolument au printemps, au moment où la tige se développe, et il est vraisemblable qu'une partie du sucre disparu a été employée à la fabrication de l'amidon qu'on trouve dans la graine.

Le sucre de canne nous paraît donc être un produit intermédiaire entre le glucose et l'amidon; le glucose formé directement dans les feuilles par l'union de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène donnerait en s'unissant à lui-même, sous l'influence de la chaleur solaire, le sucre de canne avec élimination d'eau, comme deux molécules d'alcool réagissant l'une sur l'autre pour former l'éther:

$$\underbrace{C^{12}H^{12}O^{12}}_{\text{glucose.}} + \underbrace{C^{12}H^{12}O^{12}}_{\text{glucose.}} = \underbrace{C^{24}H^{22}O^{22}}_{\text{sucre de canne.}} + 2HO.$$

Le sucre de canne, enfin, pourrait se transformer plus ou moins rapidement en amidon. Dans quelques plantes, la transformation serait assez lente pour que l'extraction fût facile; et la betterave, plante bisannuelle qui, semée tardivement, ne peut, la première année, qu'accumuler les éléments nécessaires à la formation de la graine, et ne les utilise que l'année suivante, est particulièrement favorable à cette extraction.

Dans les céréales, au contraire, la transformation est très-rapide, et le sucre de canne ne s'y rencontre que pendant trop peu de temps pour que son extraction soit facile. Il faut se rappeler cependant qu'elle est possible dans le maïs au moment où l'épi commence à se former;

1. En dosant la cellulose à l'aide du réactif de Schweitzer, on a trouvé 12,34; il y aurait donc des éléments dosés trop haut. Mais les personnes qui ont eu occasion de faire des recherches de ce genre savent qu'il est difficile d'arriver tout à fait exactement, d'autant plus que la matière verte soluble dans l'alcool est en partie azotée et qu'elle est comptée dans l'analyse précédente, comme matière azotée et comme matière verte, et qu'elle force ainsi un peu les nombres. Au moment où ces analyses ont été faites (1868), j'ignorais, au reste, un procédé de dosage de la cellulose, qui m'a été enseigné récemment par mon collègue au Muséum, M. Terreil, qui semble donner d'excellents résultats: il consiste à attaquer l'organe dans lequel on recherche la cellulose par de l'acide azotique ordinaire à l'ébullition pendant quelques minutes, tout est dissous sauf la cellulose; on jette la masse dans l'eau, on lave sur un filtre, on dessèche et on pèse.

2. Nous avons déjà discuté la question à savoir quel était le principe immédiat formé le premier: beaucoup de physiologistes croient que c'est l'amidon; pour nous, au contraire, l'amidon est un produit secondaire, un produit de réserve qui se forme sous l'influence d'une température élevée; ce serait une matière en dépôt prête à reprendre rapidement la forme de glucose aussitôt que le transport doit avoir lieu, et il proviendrait toujours de la combinaison de plusieurs molécules de glucose.

plus tard quand le grain est formé la plus grande partie du sucre a disparu.

§ XI. — *Accumulation dans les grains des matériaux formés dans les feuilles. — Maturation des céréales.*

Quand on examine les feuilles et les tiges du blé ou du seigle, après que la maturation a eu lieu, on n'y rencontre plus aucun des principes immédiats solubles, ou, si on les trouve encore, c'est en très-faible quantité. Les analyses de paille montrent que les matières azotées solubles n'y sont qu'en petite quantité, et que les principes sucrés ont eux-mêmes disparu; en même temps, les phosphates et la potasse ont émigré. Les nombreuses expériences de M. Is. Pierre donnent la netteté d'une observation régulière à un fait observé depuis longtemps.

Toutefois, s'il n'est pas douteux que c'est aux dépens des feuilles et des tiges que l'épi se nourrit; s'il est démontré que pendant les derniers jours de sa vie la plante herbacée ne prend plus rien au sol ou à l'air, mais accumule seulement dans sa graine les principes déjà élaborés, on n'avait pas, avant nos travaux, indiqué quel est le mécanisme de cette accumulation.

Pour le faire comprendre, remarquons que, dans les graines des céréales, au moins, tous les éléments sont insolubles: on y trouve, en effet, surtout de l'amidon et du gluten, l'un et l'autre insolubles dans l'eau. C'est de cette insolubilité que nous allons tirer l'explication de l'accumulation.

Essayons encore de reproduire dans un appareil inerte les phénomènes de transport dont nous voulons donner l'explication, et rappelons pour cela une expérience déjà citée, chap. IV, § 6. Dans un vase poreux de porcelaine dégourdie, semblable à ceux dont on fait usage dans la pile de Bunsen, plaçons de l'eau distillée; puis immergeons ce vase dans un verre renfermant une solution de sulfate de cuivre, et nous ne tarderons pas à reconnaître que ce sel, se diffusant au travers de la paroi poreuse, a pénétré dans le vase intérieur. A ce moment, ajoutons dans celui-ci quelques gouttes d'eau de Baryte qui détermine la précipitation du sel intérieur et détruit l'égale concentration des liqueurs des deux côtés de la paroi poreuse, que la diffusion tendait à établir. Aussitôt que la précipitation a eu lieu et que l'équilibre est rompu, la diffusion s'exerce de nouveau; une nouvelle quantité de sulfate de cuivre pénètre dans le vase poreux, où il est précipité par l'addition de l'eau de Baryte: et l'on conçoit qu'en renouvelant plusieurs fois ces précipitations, on puisse faire pénétrer dans le vase poreux tout le sulfate de cuivre de la solution extérieure, par cette seule raison que, dans ce vase, ses éléments deviennent insolubles.

Ainsi, quand, dans un système gorgé de liquide, il est un point où les éléments dissous deviennent insolubles, ils s'acheminent vers ce point et s'y accumulent.

Or nous avons vu que, dans la graine, les principes immédiats sont insolubles; c'est donc dans la graine qu'ils doivent s'accumuler. Le végétal est, en effet, gorgé d'eau, et les phénomènes de diffusion doivent s'y produire comme dans l'appareil précédent. Au moment où l'ovaire apparaît, une petite quantité des principes qui existent dans la tige et dans les feuilles y pénètre; mais, par suite d'une transformation dont nous ignorons encore le mécanisme, ces principes y deviennent insolubles, et l'eau qui existe dans ce jeune organe ne renferme plus les principes immédiats en aussi grande quantité que l'eau extérieure: l'équilibre tend donc à s'établir de nouveau; un afflux de ces matières solubles pénètre dans l'ovaire, y devient insoluble, et un courant régulier ne tarde pas à s'établir, qui amène les éléments solubles, et détermine leur accumulation au point même où ils deviennent insolubles[1].

1. Nous trouvons cette idée développée dans la *Physiologie végétale* de M. Sachs, et l'on pourrait croire que nous la lui avons empruntée: ce serait une erreur. Nous avons indiqué dans l'*Annuaire scientifique* de 1867, page 408, que la raison de l'accumulation des matières azotées et des phosphates dans les graines était due à l'insolubilité qu'ils y acquièrent. Or cet ouvrage, publié dans les premiers jours de 1867, a été écrit en 1866, et la traduction du livre de M. Sachs est de 1868; il nous était inconnu avant la traduction de Micheli. Il est donc certain que M. Sachs et moi, nous nous sommes rencontrés sur cette interprétation, et c'est sans doute la preuve que cette interprétation est exacte.

Ce dernier travail peut s'accomplir sans que l'eau du végétal se déplace: il est donc essentiellement différent de celui qui avait déterminé le transport des principes immédiats d'une feuille à l'autre; il peut avoir lieu quand la plante est séparée de ses racines, et il justifie la pratique assez répandue de moissonner avant une maturité complète.

Ainsi on comprend bien que, pour nous, c'est parce que l'ovaire de la graine renferme une matière capable d'amener à l'état insoluble les hydrates de carbone et les albuminoïdes solubles que ces substances s'y accumulent, et nous avons eu l'an dernier, dans le jardin d'expérience du laboratoire de culture du Muséum, une preuve singulière de notre manière de voir. Notre jardin est infesté de moineaux, comme tous les jardins de Paris; ils se sont jetés avec avidité sur les graines au moment même de leur formation, alors qu'elles étaient encore très-tendres, et les ont dévorées; dès lors le transport des principes solubles est devenu impossible, et au milieu d'août j'ai été obligé de faire couper de l'orge encore verte et dont la maturation était devenue impossible.

Maturation de quelques autres plantes herbacées. L'explication que nous venons de donner de la maturation du blé, de l'avoine, du seigle, de l'orge, du maïs, en un mot de toutes les plantes herbacées dans lesquelles les éléments contenus dans les graines sont insolubles, ne s'applique pas aussi bien aux plantes qui portent des semences dont les éléments sont encore solubles. C'est ainsi que, dans les pois, les haricots, on rencontre une matière azotée soluble, la légumine, et nous ne comprenons pas aussi bien le mécanisme de son accumulation; il est possible cependant que ce soit sous forme d'albumine insoluble que l'accumulation ait lieu, et que ce soit seulement après cette accumulation qu'ait lieu la transformation de l'albumine en légumine. Quant aux graines oléagineuses, il ne nous a pas été possible jusqu'à présent de suivre complétement leur maturation. Nous indiquerons cependant les points que nos études nous ont permis d'éclairer.

On trouve dans les jeunes feuilles de colza ou de radis des quantités sensibles de glucose, comme dans les plantes étudiées précédemment; puis, quand les fleurs apparaissent, la métamarphose du glucose en sucre de canne a lieu. Enfin, quand la plante passe fleur que, les siliques se forment, le glucose disparaît à peu près entièrement des feuilles; mais on en trouve une certaine quantité dans les graines, où l'on rencontre en même temps de l'amidon. C'est ainsi que, le 4 juin, on a trouvé dans les feuilles de colza:

Eau.	85,7
Sucre.	3,1
Glucose.	0,7

et dans les graines:

Eau.	84,5
Glucose et dextrine.. . . .	5,7
Amidon.	2,5

On ne trouve dans les graines, à cette époque, aucune trace de matière grasse. Le contenu de cet organe paraît d'abord tout à fait liquide, et l'on y distingue aisément au microscope des globules d'amidon; mais bientôt ceux-

ci disparaissent à mesure que l'embryon s'étend et occupe une place de plus en plus grande. Il semble que, dans ce cas, on assiste à la transformation de l'amidon en cellulose, probablement en passant par la dextrine, ainsi qu'on le remarque souvent; ce qu'on peut au moins certifier, c'est que, contrairement à ce qui a lieu pour les graines amylacées, où l'amidon persiste, dans les graines oléagineuses l'amidon n'a qu'une durée très-éphémère et qu'il est bientôt remplacé par un embryon très-vivement coloré en vert. C'est seulement au moment où l'embryon est formé qu'on peut dissoudre, à l'aide de l'éther, un peu de matière grasse; quand la graine est mûre et qu'elle renferme une quantité notable de matière grasse, la coloration verte de l'embryon est remplacée par une coloration jaune; il n'y a aucune preuve que la matière grasse provienne de la matière verte qui a disparu; on peut seulement dire que, dans les graines de radis et de colza, la matière grasse n'est abondante que lorsque la matière verte a disparu.

De nouvelles recherches sont donc indispensables pour saisir le mécanisme de la formation des matières grasses; il est probable qu'au moment où elles apparaissent les organes, où elles prennent naissance, doivent dégager plus d'acide carbonique qu'ils n'absorbent d'oxygène, puisqu'on voit apparaître un principe très-riche en charbon et en hydrogène et qui paraît dériver d'un hydrate de carbone; mais l'expérience est seul capable de justifier ces prévisions.

§ XII. — *De l'accumulation des principes immédiats dans les racines.*

Nous avons étudié, dans les paragraphes précédents, le mécanisme de la maturation dans les plantes herbacées, et nous voyons que dans certains cas importants l'ensemble du phénomène est complétement esquissé; il n'en est malheureusement pas ainsi pour quelques autres plantes où tout est encore à trouver.

Dans les plantes herbacées bisannuelles ou vivaces, l'accumulation des principes immédiats dans les racines est parfaitement manifeste ; mais jusqu'à présent, nous ignorons complétement les causes qui la déterminent.

Nous savons que le blé d'hiver paraît rester stationnaire pendant presque toute la mauvaise saison, mais qu'il a cependant accumulé dans ses racines une certaine quantité de matériaux de réserve qui, employés au printemps, lui donnent bientôt une grande vigueur. Nous savons encore que l'asperge donne, la première année, une plante d'une médiocre hauteur, qui emploie presque toute son activité à développer sa partie souterraine. L'année suivante, celle-ci émet une plante plus vigoureuse, mais les tiges après s'être développées se dépouillent au moment où les feuilles se flétrissent et presque tous les matériaux élaborés sont encore mis en réserve dans les racines, tellement que la troisième année celle-ci peut émettre des tiges charnues, riches en matières azotées et en phosphates, et recherchées comme aliment. La plante est alors devenue assez riche pour que la suppression de cinq ou six de ces tiges par pied puisse avoir lieu sans nuire à son développement, et cela pendant plusieurs années.

Dans les plantes bisannuelles, comme les betteraves, il se passe un phénomène analogue : pendant la première année la plante développe ses feuilles; celles-ci élaborent des principes immédiats qui s'accumulent dans la racine, et l'année suivante, cette provision emmagasinée est tout entière employée à former la tige et les graines. La série de métamorphoses que nous avons suivie dans les graminées ou dans le maïs, production du glucose, transformation de celui-ci en sucre de canne, puis enfin en amidon, se reproduit peut-être avec quelques intermédiaires; mais le grand avantage qu'on trouve à cultiver la betterave est précisément dû au temps prolongé pendant lequel le sucre de canne s'y maintient, tandis que, dans les graminées ou le maïs, il se métamorphose en amidon si rapidement, que son extraction serait très-pénible.

NUTRITION DES VÉGÉTAUX.

Les diverses périodes d'activité des plantes cultivées pour leurs racines ont été très-bien mises en lumière par M. Anderson, dans un travail sur les turneps, qu'il a inséré au *Journal of agric. and transactions of the Higland Society*, n. 68 et 69.

Il a déterminé la masse totale des turneps produits sur une acre de terrain, et les a récoltés à quatre périodes différentes de leur croissance: le 7 juillet, le 11 août, le 1er septembre et le 5 octobre. Le tableau suivant indique en livres anglaises le poids des feuilles et des racines calculé pour une acre à la fin de chaque récolte, en livres anglaises de 454 grammes:

		POIDS	
		des feuilles.	des racines récoltées.
I. Récolte au bout de	32 jours	2,19	7,21
II. Récolte au bout de	67 jours	12,993	2,762
III. Récolte au bout de	87 jours	19,200	14,400
IV. Récolte au bout de	122 jours	11,208	36,792

Ainsi, après soixante-sept jours, le poids des feuilles est près de six fois le poids des racines; puis, après quatre-vingt-sept jours, les racines se sont tellement accrues, que leur poids est près des trois quarts de celui des feuilles. Enfin, pendant la dernière période, les feuilles s'étiolent, se dépouillent, et les racines acquièrent un poids qui leur est trois fois supérieur; les feuilles ont au contraire diminué de poids; elles sont retombées au-dessous de ce qu'elles étaient à la deuxième période. On trouve donc encore dans cette observation la preuve manifeste que les principes immédiats élaborés par les feuilles viennent s'accumuler dans les racines.

Développement des betteraves, accumulation du sucre dans leurs racines. Nous avons constaté pour les betteraves des faits analogues aux précédents; pendant la saison 1873, nous avons prélevé dans notre champ d'expériences de Grignon des betteraves à six époques différentes et nous avons pesé séparément les racines et les feuilles; puis dans ces organes nous avons dosé le glucose et le sucre de canne; pour obtenir les nombres réunis dans le tableau ci-joint, nous avons prélevé à chacune des dates indiquées un lot de dix betteraves, les plus homogènes que nous avons trouvées, puis nous avons séparé les feuilles des racines, pesé séparément et pris le dixième du poids trouvé; on a fait ensuite un jus des racines, un jus des feuilles dans lesquelles on a dosé le glucose et le sucre; on a admis que ces nombres représentaient la quantité pour 100 qui existait dans les feuilles et dans les racines.

On reconnaîtra à l'inspection de ce tableau que les feuilles se développent d'abord avec une extrême énergie. Ainsi, le 19 juin, environ deux mois après le semis, les feuilles pèsent déjà 1k525, tandis que les racines n'ont encore qu'un poids de 0k118; le poids des feuilles étant 1000, celui des racines n'est que 76. Pendant les quinze jours qui suivent, les feuilles s'accroissent encore énormément, puisque leur poids est de 3k118, tandis que les racines ne pèsent encore que 0k533; toutefois le rapport est déjà plus fort, les feuilles étant 1000, les racines sont déjà 169; mais à partir de ce moment les feuilles commencent à perdre de leur poids: elles ont perdu, du 3 juillet au 17 juillet, 726 grammes, et les racines ont gagné 754: c'est-à-dire un nombre supérieur à celui qu'ont perdu les feuilles. En faudrait-il conclure que les racines se sont nourries par elles-mêmes en dehors de ce que les feuilles leur ont fourni: il serait aussi téméraire de l'affirmer que de le nier; car, malgré l'at-

NUTRITION DES VÉGÉTAUX.

tention que nous avons mise à prendre des betteraves moyennes, nous voyons que le 22 août les betteraves présentaient un poids moyen inférieur à celui qu'elles avaient le 17 juillet, et on ne saurait croire cependant que cette diminution fût réelle. La diminution de poids des feuilles du 17 juillet au 22 août est cependant remarquable; en un mois elles ont perdu les 4/5 de leur poids: on sait en effet que dès ce moment les grandes feuilles du bas commencent à jaunir, le poids des feuilles reste à peu près constant à partir de ce moment. Il en est de même pour les racines, car, le 12 septembre, elles ont presque le même poids que le 17 juillet, mais si le poids des racines n'augmente plus guère, leur composition varie singulièrement.

Production du sucre dans les betteraves blanches de Silésie.

DATE de la cueillette.	POIDS des racines.	POIDS des feuilles.	RAPPORT des racines aux feuilles.	Glucose dans 100 de jus		Sucre dans 100 de jus	
				de racines fraîches.	de feuilles fraîches.	de racines fraîches.	de feuilles fraîches.
	k.	k.					
19 juin. . . .	0,118	1,525	76/1000	0,05	0,12	0,17	0,00
3 juillet.. . .	0,533	3,118	169/1000	1,26	0,35	1,96	0,25
17 juillet.. . .	1,287	2,492	515/1000	1,40	0,40	3,40	0,23
22 août. . . .	1,005	0,529	1892/1000	1,10	0,20	6,50	0,10
12 septembre.	1,220	0.450	2711/1000	0,90	0,20	7,20	traces.
22 septembre.	1,435	0,530	2707/1000	traces.	0,10	8,40	traces.

Si nous suivons, en effet, la formation du glucose dans les feuilles, nous le trouvons toujours en très-faible quantité; il existe au contraire en quantité notable dans les racines; il présente un maximum le 17 juillet, puis il diminue pour disparaître absolument au moment de la maturation.

Le sucre est toujours peu abondant dans les feuilles, mais il va au contraire en augmentant de poids jusqu'au 29 septembre au moment de l'arrachage; il n'est guère douteux que ce sucre de canne provienne du glucose, puisque l'un disparaît, tandis que l'autre augmente; il est probable également que c'est dans la racine elle-même qu'a lieu la transformation du glucose en sucre de canne. Mais il reste deux points non éclaircis; ce glucose qui se métamorphose en sucre de canne dans la racine, provient-il des feuilles? S'il en provient, comment se fait-il que ce ne soit pas au moment où ces feuilles présentent leur maximum de poids, où elles fonctionnent avec le plus d'activité que le sucre apparaisse en plus grande abondance; enfin, si c'est dans les feuilles que se forme le principe qui précède le sucre de canne, comment se fait l'accumulation, dans la racine, d'un principe soluble qui ne peut y être amené par une différence d'évaporation, ni par les raisons d'insolubilité que nous avons développées plus haut? Nous sommes incapables de répondre à aucune des questions qui se posent devant nous, et que nous signalons surtout pour indiquer combien il reste encore d'efforts à accomplir pour connaître les évolutions physiologiques d'une des plantes les plus répandues dans la culture européenne.

§ XIII. — *De la séve élaborée dans les végétaux ligneux.*

La distinction que nous faisons ici entre les végétaux herbacés et les végétaux ligneux n'a d'autre raison que de faciliter l'exposition d'une question délicate et encore très-peu connue: car nous allons reconnaître que les phénomènes se produisent dans tous les végétaux sous l'influence des forces dont nous avons essayé de pénétrer le mode d'action dans les paragraphes précédents.

Quand, dans les plantes dicotylédonées ligneuses, on enlève un anneau d'écorce sur le tronc, le bourrelet ligneux se produit au-dessus de la partie blessée: quand on pratique une forte ligature sur un arbre encore jeune, on voit un renflement apparaître au-dessus de la ligature. Enfin, il est clair que les racines ne peuvent s'accroître, que les tubercules ne peuvent prendre naissance qu'autant qu'ils utilisent les principes élaborés par les feuilles et il n'est pas douteux que ces principes ne suivent, dans le végétal, une marche inverse à celle de l'eau elle-même, qui, entraînée par le vide que détermine l'évaporation, s'élève des racines vers les feuilles.

L'opinion généralement répandue parmi les physiologistes est même que ces principes immédiats, qui descendent des feuilles vers les racines, sont entraînées par un courant liquide qui, suivant une marche inverse de la séve ascendante, mériterait le nom de séve descendante.

Avant d'admettre l'existence de la séve descendante, il importe de soumettre les arguments qu'on fait valoir en faveur de son existence à une sérieuse critique, et il faut remarquer d'abord qu'avant les expériences de Graham, sur la diffusion, on ignorait qu'une matière dissoute pût être animée d'un mouvement quelconque dans son dissolvant en dehors de tout mouvement de ce dissolvant lui-même: on ne concevait donc pas comment les principes immédiats nécessaires à la formation des racines, des tubercules, du bois, auraient pu arriver jusqu'aux organes où ils sont employés par l'activité végétale, si un courant liquide ne les y eût amenés. On reconnaît aujourd'hui que l'existence de ce courant n'est pas nécessaire, et que si le transport des principes dissous a lieu certainement, si parfois il est déterminé par le courant liquide lui-même, il peut se produire également en dehors de tout mouvement du liquide; il n'est pas plus difficile de concevoir une molécule dissoute se transportant des feuilles aux racines en dépit du mouvement de la séve ascendante, que d'imaginer un bateau remontant le courant d'une rivière.

Sans doute, pour que le bateau remonte le courant, il est nécessaire qu'une force intervienne; de même, pour qu'une molécule organique chemine en sens inverse du mouvement du liquide, il faut qu'une force soit mise en jeu, et cette force c'est la diffusion qui tend à

établir le même degré de concentration dans toutes les parties d'un liquide, et par conséquent à diriger vers le point où elles deviennent insolubles les molécules dissoutes. Si donc, c'est dans les tubercules des pommes de terre que le sucre de canne se transforme en fécule insoluble, le sucre de canne se transportera des feuilles et des tiges, dans lesquelles on le rencontre d'abord, vers les tubercules, quel que soit le mouvement du liquide qui le renferme; dans ce cas, le mouvement a lieu de haut en bas, suivant la direction attribuée à la séve descendante. Mais, quand a lieu la maturation du blé et que les feuilles se vident pour transmettre à l'épi les principes élaborés, le mouvement a lieu en sens inverse; dans ce cas, la séve élaborée est ascendante.

Bien que nous ne puissions pas suivre avec la même netteté la transformation des matières sucrées en cellulose, il n'est guère douteux que le même phénomène se produit, et que le bourrelet qui apparaît au-dessus d'une ligature ou au-dessus d'une blessure est dû à la formation, en ce point, d'un centre d'activité qui détermine l'arrivée par diffusion des molécules dissoutes, qui y deviennent insolubles, en dehors de tout mouvement du liquide lui-même.

L'idée que l'eau s'élève, à travers le bois, des racines aux feuilles, se charge dans celles-ci de principes élaborés, puis redescend entre l'écorce et le bois de façon à former un circuit complet, est née des rapprochements qu'on a voulu établir entre les végétaux et les animaux. De ce qu'une circulation complète existait chez ceux-ci, on a voulu en découvrir une analogue chez ceux-là; on a cru, au reste, que la séve descendante avait, non-seulement pour mission d'apporter aux divers organes les matériaux nécessaires à leur accroissement, mais encore de rejeter dans le sol, par sécrétion, toutes les matières inutiles. C'est ce qui apparaît très-nettement dans le *Cours d'agriculture* de M. de Gasparin. Cet illustre agronome calcule la quantité d'eau qui a circulé au travers d'un chou pendant la durée de sa croissance, il suppose que l'eau qui a traversé la plante présente une composition analogue à celle de la séve déterminée par Vauquelin, et, trouvant enfin que le chou, à la fin de sa croissance, est loin de renfermer les substances minérales que les considérations précédentes indiquaient, il en conclut qu'il y a une forte élimination des matières transportées par la séve, et qu'elle ne peut avoir lieu que par le moyen des excrétions.

On voit que les expériences de Saussure, qui avait reconnu, en faisant végéter des plantes dans des dissolutions salines, que l'eau avait toujours été absorbée en beaucoup plus grande quantité que le sel, n'avaient pas été appréciées à leur importance, et qu'on ne concevait pas que les mouvements des liquides et des matières dissoutes pussent être indépendants l'un de l'autre.

Nous savons aujourd'hui qu'il n'y a pas d'excrétions par les racines; nous savons en outre qu'une matière peut se transporter d'un point de la plante à l'autre sans être entraînée par un courant liquide, de telle sorte que l'existence d'un courant régulier de la séve allant des feuilles vers les racines ne nous apparaît plus comme nécessaire. Nous n'avons pas de preuves convaincantes qu'il n'y ait pas normalement de mouvement de la séve, du haut du végétal vers le bas ; mais comme nous voyons que tout s'explique sans admettre ce courant, que de plus il est bien difficile de concevoir qu'elle est la cause de ce transport de l'eau en sens inverse de celui que provoque l'évaporation, nous pensons que l'existence de la séve descendante, telle qu'on l'admet généralement, peut être parfaitement révoquée en doute.

Séves sucrées. On rencontre le sucre dans la séve d'un très-grand nombre de plantes, et notamment de celles qui croissent sous les tropiques; le sucre y est souvent assez abondant pour servir à la fabrication de liqueurs spiritueuses.

NUTRITION DES VÉGÉTAUX.

La séve d'un assez grand nombre de palmiers (dit M. Boussingault, *Économie rurale*, t. I, page 128) renferme une quantité considérable des matières sucrées. A Java, par exemple, on extrait du sucre cristallin de l'*arenga saccharifera*. Dans plusieurs autres localités, le suc des palmiers (*phœnix*, etc.) est soumis à la fermentation pour préparer des liqueurs vineuses.

Le *cocos butyracea* (palma de vino) donne une séve sucrée qui, par la fermentation, produit une liqueur assez alcoolique pour être enivrante. Pour se la procurer, les Indiens commencent par abattre les palmiers, en ayant soin, lorsque l'arbre est couché, de lui donner une légère inclinaison vers le pied; ensuite ils font à la base du tronc un trou d'une capacité de 8 à 10 litres dont ils ferment l'orifice avec des feuilles. Après dix ou douze heures la cavité est pleine d'un liquide d'une odeur vineuse fortement prononcée, et d'une saveur aigrelette, due probablement à l'acide carbonique qui se dégage en abondance: un palmier de 15 à 20 mètres de hauteur, et dont le tronc, vers la base, a de 50 à 60 centimètres de diamètre, fournit de 12 à 18 litres de vin en vingt-quatre heures, pendant dix à douze jours.

L'agave mexicain donne aussi une séve sucrée qui sert à préparer le pulqué. M. Boussingault décrit de la façon suivante la récolte de la séve. Au moment où l'agave va fleurir, ce qui arrive dix ou douze ans après sa plantation, on doit couper le bourgeon qui produirait les hampes couvertes de fleurs qui atteignent parfois 12 à 15 mètres de hauteur, pour recueillir la séve élaborée par la plante pendant des années, et qui renferme les éléments nécessaires à la formation des fleurs.

Si au contraire on laisse la hampe se développer, elle s'élève rapidement, se couvre de fleurs, et toutes les feuilles de la plante deviennent flasques et molles; elles ont donné à la formation de la hampe toutes les matières qui gorgeaient leurs tissus. On observe souvent cet exemple remarquable de transport de principes immédiats chez l'*agave americana* cultivé dans les jardins de la France méridionale, Toulon, Marseille, Nice, etc.

Au moment de l'abatage, le bourgeon de l'agave présente l'aspect d'un cône à pointe acérée, dont la base a de 50 à 55 centimètres de diamètre. Pénétrer jusqu'à lui n'est pas sans quelque danger, défendu qu'il est par des feuilles garnies sur leurs deux côtés d'épines crochues, agissant sur la peau comme des hameçons. Après avoir pratiqué une trouée à l'aide d'un coutelas (*machete*), en évitant le contact d'une matière visqueuse extrêmement caustique, suintant des coupures pratiquées sur les feuilles, l'Indien abat le bourgeon destiné à devenir le pédoncule de la fleur. L'attaque d'un magney est terminée en quelques minutes, y compris le temps nécessaire pour meurtrir la section mise à nu en la frappant avec une batte de bois dur. L'ablation opérée laisse une plaie qui bientôt se cicatrise en se couvrant d'une épaisse croûte noire. Huit ou dix mois, quelquefois un an après, la cicatrice est enlevée à l'aide d'un instrument de fer, le *rapsador*, et à l'aide d'une cuiller à bords tranchants on pratique dans le cœur du magney une excavation cylindrique ayant 15 à 20 centimètres de diamètre sur une profondeur de 12 à 15 centimètres. C'est dans cette cavité que se rassemble la séve élaborée. Selon la vigueur de la plante, un magney fournit en moyenne, de 1 à 10 litres de liquide par jour, pendant trois, quatre et même six mois [1] (Boussingault, *Agronomie*, t. IV, p. 23).

1. Dans le Mémoire de M. Boussingault, dont j'ai extrait les renseignements précédents, se trouve une comparaison très-instructive sur le rendement en alcool de diverses cultures européennes et de l'agave ; tandis que celui-ci peut donner dans de très-bonnes conditions 56 hectolitres d'alcool absolu par hectare, et 26 dans des conditions très-ordinaires, la vigne

Sève laiteuse de l'hura crepitans (*ajuapar*). Le suc de l'*hura crepitans* est justement redouté, et les personnes qui sont exposées à son action sont atteintes de graves indispositions. Ce lait ressemble à celui de l'arbre de la vache, mais il est un peu plus jaunâtre; il n'a pas d'odeur; sa saveur, très-peu marquée d'abord, fait bientôt éprouver une irritation très-forte; il rougit la teinture de tournesol.

Suc laiteux du pavot (*opium*). Cette matière, qu'on obtient en faisant des incisions longitudinales dans les capsules du pavot, se concrète facilement; elle renferme plusieurs bases organiques, dont les unes sont vénéneuses et les autres seulement somnifères.

Séve de l'arbre à caoutchouc. Un certain nombre d'arbres du Choco (*siphonia hevea*) et des forêts de l'Équateur donnent une séve visqueuse qui, exposée à l'action de l'air, se coagule, surtout si l'on élève légèrement la température. Cette matière est le caoutchouc, carbure d'hydrogène formé de 47,5 de carbure et de 12,5 d'hydrogène, qui a reçu depuis une vingtaine d'années de si nombreuses applications.

D'après Faraday, la séve de l'hevea renferme sur 100 parties:

Eau.	56
Caoutchouc.	32
Albumine végétale.	2
Substance azotée soluble dans l'eau et l'alcool.	7
Substance carbonée soluble dans l'eau et l'alcool (sucre).	3
	100

Suc de l'arbre à vache ou galactodendron. Il est un peu visqueux ; sa saveur, agréable, est légèrement balsamique. Quant à ses propriétés chimiques, elles diffèrent sensiblement de celles qui sont particulières au lait animal. Ainsi les acides ne le caillent pas; l'alcool le coagule à peine. Par l'action d'une douce chaleur, on voit se former à la surface du lait végétal de légères pellicules. En l'évaporant au bain-marie, on obtient un extrait qui ressemble à la frangipane, et si l'on continue pendant un certain temps l'action du feu, on remarque des gouttes huileuses, qui augmentent à mesure que l'eau se dégage; elles finissent par former un liquide d'apparence graisseuse, dans lequel nage une substance fibrineuse qui se dessèche et se racornit à mesure que la température augmente. Alors se répand l'odeur, la mieux caractérisée qu'il soit possible, de viande qu'on fait frire dans la graisse.

Le *mancenillier* appartient également à la famille des euphorbiacées; c'est un bel arbre de l'Amérique intertropicale, auquel on a attribué des propriétés vénéneuses qu'il ne paraît posséder qu'à un très-médiocre degré ; cependant, une goutte du suc laiteux de l'arbre posée sur la peau y produit une brûlure et soulève une ampoule pleine de sérosité.

Le lait de l'arbre à vache (galactodendron) renferme donc une matière grasse assez solide, fusible à 40 degrés, soluble dans l'alcool, et, d'autre part, une matière qui, par l'ensemble de ses propriétés, se rapproche de la fibrine. A l'analyse, ces matières ont donné les résultats suivants:

Fibrine, albumine végétale.	3,73
Cire, résine, principes solubles, sels. .	23,41
Eau.	72,86
	100,00

n'en donne très-exceptionnellement dans l'Hérault que 30 hectolitres, mais ce chiffre s'abaisse habituellement à 11 hectolitres; la betterave ne rend guère que 20 hectolitres; il est possible que la culture de l'agave réussisse en Algérie et puisse devenir pour les parties arides du pays une précieuse ressource.

§ XIV. — *De la maturation des fruits.*

Le lecteur trouvera dans les traités de botanique la description des formes variées que présentent les fruits. Nous indiquerons seulement ici la composition du fruit et les modifications que subit cette composition pendant la maturation.

La quantité d'eau contenue dans le péricarpe d'un fruit est considérable; elle varie de 75 à 90 pour 100; elle augmente généralement pendant la maturation pour diminuer ensuite.

Matières gélatineuses. On rencontre dans les fruits verts une matière insoluble dans l'eau, l'alcool et l'éther, et qui est désignée sous le nom de pectose. Sous l'influence des acides végétaux, cette matière se transforme en pectine, qui existe en proportion notable dans les fruits qui sont dans un état de maturation avancée. Pour reconnaître la transformation de la pectose en pectine sous l'influence des acides et de la chaleur, il suffit d'exprimer la pulpe d'une pomme verte afin d'en extraire le jus. Le liquide qu'on retire ne contient pas de traces de pectine; mais si on le fait bouillir pendant quelques instants avec les pulpes du fruit, on voit bientôt la pectine apparaître et donner à la liqueur une viscosité qui caractérise le jus de presque tous les fruits cuits. La pectine peut elle-même éprouver diverses modifications qui ont été décrites plus haut; mais il est à remarquer que, d'après M. Fremy, il se développe aussi dans les fruits un ferment particulier, la pectase, qui transforme aisément la pectose en acide pectosique insoluble et gélatineux.

Il arrive souvent que le suc de groseille se transforme très-rapidement en gelée quand on le mélange avec du suc de framboise. Cette production instantanée de gelée est facile à comprendre. En effet, le suc de framboise contient une quantité considérable de pectase; et ce ferment réagit sur la pectine qui se trouve dans le suc de groseille et la transforme en acide pectosique gélatineux.

Gommose. On trouve dans les fruits, d'après M. Fremy, une substance neutre transparente, insoluble dans l'eau et qui est interposée dans les cellules du péricarpe. Sous l'influence des matières azotées agissant comme ferment, et peut-être par l'action des acides, cette gommose se modifie, se change en gomme, qui se transforme ensuite en sucre dans l'intérieur du péricarpe. C'est l'excès de cette gomme qui vient se solidifier sur la peau du fruit. Ainsi, une goutte de gomme qui sort du fruit se trouve toujours en communication par un conduit particulier, avec un dépôt de gommose placé dans l'intérieur du fruit, entre les cellules du péricarpe. Il est probable que la matière gommeuse, que l'on trouve en si grande quantité dans les tiges du prunier, de l'abricotier, du cerisier, etc., se forme dans les mêmes circonstances.

Acides. Un des faits les plus curieux de la maturation des fruits est la disparition des acides libres. Comme on ne rencontre pas dans un fruit mûr une plus grande quantité de base que dans un fruit vert, qu'à l'essai avec les liqueurs titrées on trouve moins de sucre dans le fruit mûr que dans le fruit vert, il faut conclure que les acides contenus dans les fruits ne sont ni saturés ni masqués par la présence d'autres matières, mais qu'ils sont brûlés par combustion lente; nous verrons plus loin, au reste, que, pendant la maturation, les fruits émettent constamment de l'acide carbonique.

Pour déterminer la quantité d'acide qui existe dans les fruits, M. Buignet (*Annales de physique et de chimie*, 3e série, 1861, t. LXI, p. 283), à qui on doit un travail important sur la maturation des fruits, procède à des essais alcalimétriques à l'aide de l'eau de baryte titrée, et il suppose à l'acide existant dans le fruit l'équivalent 70, qui représente à peu près la moitié de celui de

l'acide malique, de l'acide citrique et de l'acide tartrique, et par suite la quantité qui sature 76 de baryte, puisque ces acides sont bibasiques. Les quantités d'acide et de sucre contenus dans les fruits sont résumées dans le tableau suivant:

DÉSIGNATION.	Acide pour 100 de fruits.	Sucre total pour 100 de fruits.
Citrons	4,706	1,466
Pêches vertes	3,940	5,990
Raisin vert	2,485	1,600
Abricots	1,864	8,685
Groseilles blanches	1,574	6,400
Framboises	1,380	7,230
Prunes de mirabelle	1,288	8,760
Prunes de Reine-Claude	1,208	5,552
Pommes de reinette grise nouvelle	1,148	13,997
Pêches	0,783	1,991
Cerises	0,661	10,000
Pommes de reinette d'Angleterre	0,633	7,648
Bigarreaux	0,608	8,250
Raisin nouveau venu de Fontainebleau	0,558	9,420
Fraises (colline d'Ehrhardt)	0,550	11,310
Ananas (mont Serrat)	0,547	13,300
Oranges	0,448	8,578
Raisin conservé	0,404	16,500
Pommes de reinette grise conservées	0,403	16,830
Raisin venu en serre	0,345	18,370
Poires nouvelles (Madeleine)	0,887	7,844
Pommes de calville conservées	0,253	6,250
Poires de Saint-Germain	0,115	8,781
Figues violettes du midi	0,057	11,550

Sucres. On doit à M. Buignet non-seulement la détermination de la quantité totale de sucre contenu dans les fruits, ainsi qu'on le voit par le tableau précédent, mais encore une étude approfondie des variétés de sucre qu'on y rencontre. Les procédés qu'il a suivis pour déterminer la quantité de sucre que renferment les fruits sont au nombre de trois: 1° fermentation; 2° emploi de la liqueur de Fehling; et 3° détermination du pouvoir rotatoire des dissolutions sucrées. Deux grammes de pulpe écrasée étaient parfaitement divisés dans 2 ou 3 centimètres cubes d'eau; on y mêlait une petite quantité de levûre de bière, et l'on introduisait le tout dans un petit tube gradué rempli de mercure et renversé sur ce métal. On maintient l'appareil à 25 ou 30 degrés pendant quarante-huit heures, et l'on mesure avec soin le gaz dégagé, en tenant compte de celui qui demeure en dissolution dans le liquide après la fermentation. Comme on a observé qu'à la température de +10 degrés et à la pression de 760 millimètres, 1 centimètre cube d'acide carbonique correspond sensiblement à 0,004 de sucre $C^{12}H^{12}O^{12}$, il suffit de ramener à ces conditions le volume de gaz pour calculer le sucre total. Ce procédé est peu précis. En employant la liqueur de Fehling avant et après l'interversion par les acides, on arrive plus sûrement à déterminer la quantité de sucre de canne et de glucose existant dans les jus sucrés.

Voici les résultats obtenus par M. Buignet pour les quantité de sucre réducteur et non réducteur dans 100 grammes de fruits:

	Proportion du sucre réducteur.
Raisin venu en serre	17,26
Raisin conservé	16,50
Pommes de reinette grise conservées	12,63
Figues violettes du midi	11,35

	Proportion du sucre réducteur.
Cerises anglaises	10,00
Raisin nouveau venu de Fontainebleau	9,42
Pommes de reinette grise nouvelles	8,72
Poires de Saint-Germain conservées	8,42
Bigarreaux	8,25
Poires nouvelles (Madeleine)	7,16
Groseilles blanches	6,40
Fraises (Princesse royale)	5,86
Pommes de calville conservées	5,82
Pommes de reinette d'Angleterre	5,45
Framboises nouvelles	5,22
Fraises (colline d'Ehrhardt)	4,98
Oranges	4,26
Prunes de Reine-Claude	4,33
Prunes de mirabelle	3,43
Abricots	2,74
Ananas (mont Serrat)	1,98
Raisin vert	1,60
Pêches	1,07
Citrons	1,06

	Proportion du sucre non réducteur avant l'emploi des acides.
Ananas (mont Serrat)	11,33
Fraises des collines d'Ehrhardt	6,33
Abricots	6,84
Pommes de reinette grise nouvelles	5,28
Prunes de mirabelle	5,24
Oranges	4,22
Pommes de reinette grise conservées	3,20
Pommes de reinette d'Angleterre	2,19
Framboises	2,01
Prunes de Reine-Claude	1,23
Pêches	0,92
Poires (Madeleine)	0.68
Pommes de calville conservées	0,43
Citrons	0,41
Poires de Saint-Germain conservées	0,36

Le raisin, les groseilles blanches, les cerises anglaises, les bigarreaux, les figues violettes du midi, ne renferment pas de sucre non réducteur.

On remarque que dans les fruits acides il peut exister une proportion notable de sucre non réducteur. Cette proportion s'élève à plus des deux tiers du sucre total dans l'abricot et la pêche, à près de la moitié dans le citron et la framboise, et à plus du cinquième dans la pomme de reinette grise conservée et la prune de Reine-Claude.

Si les travaux précédents permettent d'établir que les fruits renferment une proportion notable de sucre réducteur et non réducteur, ils n'indiquent pas quelle est la nature de ces sucres. Pour la connaître M. Buignet a recherché leurs propriétés optiques. Il remarque d'abord que les acides qu'on peut rencontrer dans les jus ont un trop faible pouvoir rotatoire pour qu'il soit nécessaire d'en tenir compte. Pour opérer facilement, on exprime dans un linge fin la pulpe pure ou délayée dans un peu d'eau, on ajoute le tiers du volume de noir animal, et l'on filtre après douze heures de contact et d'agitation. Souvent il arrive, quand le sucre est très-riche en pectine, que la masse entière se prend en gelée au bout de quelque temps, que la filtration devient impossible; mais on y remédie par l'addition d'une nouvelle quantité d'eau et par une agitation vigoureuse qui rend à la masse sa liquidité primitive. L'étude des propriétés optiques a conduit M. Buignet aux conclusions suivantes: La matière sucrée qui existe dans les fruits est, outre le sucre de canne que l'auteur a pu isoler à l'état de pureté, une variété lévogyre différente par conséquent du sucre dextrogyre qu'on obtient par l'ac-

tion de l'acide sulfurique ou de l'orge germée sur l'amidon, différente aussi du sucre de fruit de M. Dubrunfaut, qui dévie de 106 degrés à la température de + 15 degrés. C'est réellement du sucre interverti, constitué peut-être par un mélange des deux glucoses lévogyre et dextrogyre, mais doué d'un pouvoir rotatoire défini et constamment le même pour tous les fruits qui ont été examinés.

On voit que le mot sucre de raisin appliqué au sucre d'amidon est une expression impropre, puisque le sucre contenu dans le raisin est du sucre interverti déviant de — 26 degrés à la température de 15 degrés, tandis que le sucre dextrogyre obtenu de l'amidon dévie de + 53 degrés à la même température.

Sucre réducteur après traitement par les acides, mais non fermentescible. M. Joseph Boussingault a étudié il y a quelques années la fermentation des différents fruits à l'aide desquels on obtient des liquides alcooliques, et tandis qu'il a retrouvé à peu près dans le liquide fermenté la quantité d'alcool que la théorie indiquait devoir être produite quand il a opéré sur des raisins ou sur des pommes, il a reconnu au contraire que les cerises et les merises, employées les unes et les autres en Alsace à préparer des boissons alcooliques, ne renferment pas autant d'alcool que l'indiquait la quantité de glucose dosé dans le jus des liquides avant la fermentation. On attribuait généralement cette perte d'alcool à la mauvaise méthode de distillation employée; mais M. J. Boussingault a reconnu qu'elle était due à la présence d'un élément sucré susceptible d'être converti en une matière réduisant la liqueur de Felhing sous l'influence des acides, mais n'acquérant pas cependant après ce traitement la propriété de fermenter. On jugera des différences par le tableau suivant, dans lequel les résultats sont rapportés à 100 de glucose contenu dans le mout ou dans les fruits.

DÉSIGNATION.	Glucose dosé après la fermentation.	Glucose détruit pendant la fermentation
Pommes.	7.3	92.7
Pommes.	16.7	83.3
Pommes.	2.8	97.2
Raisin.	1.9	98.1
Raisin.	3.6	96.6
Merises..	38.4	61.6
Cerises..	35.2	64.8
Mirabelles.	5.9	94.1

Pour s'assurer que le glucose, restant après la fermentation des cerises, n'avait pas échappé par suite d'une trop faible proportion de ferment, M. Joseph Boussingault a mêlé les résidus avec de la levure de bière, mais aucune fermentation n'est apparue. En soumettant ces résidus à des traitements convenables, il a réussi à isoler une substance cristalline, ayant une saveur fraîche et sucrée. Du jus des sorbes des oiseleurs le même chimiste a extrait à l'état de pureté un sucre nouveau la sorbite $C^{12} H^{14} O^{12}$ analogue à la mannite et à la dulcite.

Tannin. M. Buignet, contrairement à l'opinion généralement répandue à tort, n'a pas rencontré d'amidon dans les fruits verts, mais il y a trouvé une matière qui a la propriété d'absorber l'iode et de former avec ce métalloïde un composé parfaitement incolore. Ce principe est de nature astringente, et paraît se rapprocher des tannins par la plupart de ses propriétés. Son dosage peut être établi avec tout autant de facilité que celui de la matière sucrée elle-même, en remarquant que l'iode ne commence à bleuir l'amidon qu'après avoir saturé le tannin; on reconnaît que la proportion de ce principe diminue progressivement à mesure qu'augmente la proportion de la matière sucrée, et l'on serait tenté de croire qu'elle en dérive, si l'on ne remarquait que le sucre que fournit le tannin de la noix de galle, sous l'influence de l'acide sulfurique moyennement concentré et d'une température convenable, est un glucose dextrogyre ayant exactement le même pouvoir rotatoire que le glucose d'amidon, et qu'enfin le sucre que fournit le tannin des fruits verts dans les mêmes conditions est également du glucose dextrogyre identique avec le sucre d'amidon; tandis qu'ainsi qu'on l'a dit plus haut, le sucre contenu dans les fruits est lévogyre, et jouit par conséquent de propriétés optiques toutes différentes.

On ignore donc encore quelles sont les transformations qui déterminent la disparition du tannin et l'apparition du sucre dans les fruits.

Transformation du sucre de canne en sucre interverti. Toutefois, il est un point qu'il est important de signaler: c'est que les acides contenus dans les fruits n'intervertissent le sucre de canne qui y est contenu qu'avec une très-grande lenteur, et qu'il faut plutôt attribuer la transformation qu'on observe souvent à la présence dans les fruits d'une matière azotée qui pourrait y jouer le rôle de ferment [1]. L'influence comparée de l'acide et du ferment est rendue manifeste par deux expériences faites sur un même jus de fruits: l'une dans laquelle on précipite la matière azotée par l'alcool; l'autre dans laquelle on neutralise l'acide par le carbonate de chaux. Dans la première, la matière sucrée subsiste pendant un temps très-long, sans modification sensible; dans la seconde, au contraire, elle est totalement transformée, même au bout de vingt-quatre heures.

La même conséquence résulte encore des expériences faites sur le fruit du bananier. A quelque période de la végétation qu'on examine son suc, on n'y trouve aucune trace d'acide libre. Et cependant on trouve dans les bananes mûries artificiellement près des deux tiers de la matière sucrée à l'état de sucre interverti.

M. Buignet a non seulement publié un travail d'ensemble sur la maturation, il a aussi étudié particulièrement la fraise (*Comptes rendus*, 1859, t. XLIX, p. 276). Il résulte de son travail que les espèces Princesse royale et Elton, qui sont les variétés comestibles de beaucoup les plus répandues, constituent un groupe de fraises très-aqueuses, très-acides et très-peu sucrées. Ce sont certainement les espèces les moins agréables. La fraise des bois et la fraise des Alpes sont caractérisées par la grande quantité de graines qui recouvrent leur surface et qui sont très-riches en matière insoluble. Elles sont d'ailleurs beaucoup plus sucrées que les précédentes, peu aqueuses et moyennement acides. Enfin les fraises caperon (des collines d'Ehrhardt) et Bargemont constituent un groupe de fraises très-peu aqueuses, très-peu acides et très-riches en sucre. On remarque surtout qu'une proportion considérable de ce sucre se trouve à l'état de sucre de canne (le tiers environ pour les fraises Bargemont et caperon, la moitié et même davantage pour la fraise des collines d'Ehrhardt). Ces trois espèces sont incontestablement les meilleures.

On doit à M. Beyer (*Bull. de la Soc. chim.*, 1867, t. VII, p. 192) un travail sur la maturation des groseilles à maquereau, dans lequel il arrive aux conclusions suivantes:

A mesure que la maturation fait des progrès la proportion d'eau diminue. La quantité de sucre va toujours en augmentant.

A l'époque moyenne de sa maturation, le fruit ren-

1. Le lecteur n'ignore pas que la levure de bière renferme une matière particulière qui transforme aisément le sucre de canne en glucose.

ferme la quantité maximum d'acide libre; dans la dernière période, la diminution de cette quantité n'est sensible que si l'on considère la matière sèche.

La quantité de matières minérales diminue progressivement, que l'on considère le fruit à l'état frais ou seulement après dessiccation.

La quantité de substance azotée éprouve les mêmes variations que la quantité d'acide; elle augmente d'abord pour diminuer ensuite, et cette diminution est surtout notable si l'on n'envisage que la totalité des substances solides.

La matière grasse augmente d'une manière continue, si l'on ne tient compte que de la masse totale du fruit; mais si l'on rapporte les calculs au poids des substances solides, elle est à son maximum dans la période moyenne et ne diminue ensuite que d'une manière insensible.

Respiration des fruits. La respiration des fruits, ou plutôt les modifications que les fruits font subir à l'atmosphère ambiante ont été étudiées par M. Cahours (*Comptes rendus*, t. LVIII, p. 495 et 653, *Bull. de la Soc. chim.*, 1864, t. I, p. 254). Il s'est non-seulement préoccupé des changements qui surviennent dans l'air où le fruit séjourne, mais encore de la proportion et de la composition des gaz contenus dans son parenchyme. Il a reconnu que des oranges, des citrons, des pommes, arrivés à l'état de maturité complète, et placés dans des cloches remplies d'oxygène pur ou d'un mélange d'oxygène et d'azote, mélange où dominait l'oxygène, ou enfin dans l'air atmosphérique, respirent en consommant une certaine quantité d'oxygène et fournissant une quantité sensiblement égale de gaz carbonique. La proportion de ce dernier gaz est toujours plus considérable à la lumière diffuse que dans l'obscurité. Le dégagement a lieu régulièrement jusqu'à une certaine époque à partir de laquelle il augmente considérablement. La face interne de la peau qui touche le fruit présente alors une certaine altération. Qu'on opère à la lumière diffuse ou dans une obscurité complète, on observe constamment que la proportion d'acide carbonique formé croît avec la température du milieu dans lequel le fruit respire.

Dans l'intervalle compris entre le point de maturité complète et la période de décomposition, le fruit agit sur le milieu qui l'enveloppe de la même manière que depuis l'époque où il a perdu sa coloration verte jusqu'à celle où il a atteint sa maturité; mais dès que la période de décomposition commence, la proportion d'acide carbonique produit s'accroît d'une manière très-rapide : on rentre alors dans l'étude des phénomènes chimiques qui se produisent toutes les fois qu'une substance organique privée de la vie est soumise à l'influence des agents atmosphériques.

Pour déterminer la quantité de gaz contenu dans le parenchyme des fruits, M. Cahours exprime le jus au moyen de la presse, et l'introduit dans un petit ballon qu'il remplit jusqu'au col; il y adapte un bouchon muni d'un tube qui se remplit de liquide, et recueille le gaz sur la cuve à mercure.

Les oranges arrivées à maturité donnent, par l'expression, un jus qui laisse dégager environ 8 pour 100 de son volume d'un gaz uniquement formé d'acide carbonique et d'azote. Cette proportion de gaz dégagé par l'ébullition du liquide est sensiblement constante lorsqu'on opère sur des fruits au même degré de maturité, quelle que soit leur provenance. Le gaz ainsi recueilli présente toujours à peu près la même composition: pour 4/5 d'acide carbonique, il renferme 1/5 d'azote.

Les citrons à maturité fournissent comme les oranges, un jus trouble, mais très-fluide, qui laisse dégager, par l'action de la chaleur, un gaz dont la proportion s'élève à 6 pour 100 environ du volume de liquide employé. Le rapport de l'acide carbonique à l'azote est sensiblement le même que pour les citrons.

NUTRITION DES VÉGÉTAUX.

Le jus des grenades mûres et parfaitement fraîches, fournit une proportion de gaz moindre que celle qu'on retire des oranges et des citrons; elle s'élève à 5 pour 0/0 environ du volume du liquide employé. Le rapport de l'acide carbonique à l'azote est sensiblement le même que pour les citrons.

Les poires donnent moins de gaz que les fruits précédents. Les pommes de reinette, de calville, d'api, fournissent un jus épais, qui laisse dégager à peine 3 pour 0/0 de son volume de gaz, lequel renferme une moyenne de 40 à 45 pour 0/0 d'acide carbonique. Il a été impossible de découvrir de l'oxygène dans aucun des gaz obtenus; l'hydrogène, l'oxyde de carbone, les gaz carburés ne s'y rencontrent pas davantage.

Quand on abandonne un fruit mûr sous une cloche remplie d'oxygène, on remarque que le volume de gaz augmente, que l'oxygène a disparu, et qu'il est apparu, au contraire, de l'acide carbonique en quantité notable. Dans ces circonstances, la proportion de gaz contenue dans les fruits est beaucoup plus grande que dans les conditions ordinaires.

Si l'on remplace, dans ces expériences, l'air par des gaz entièrement inertes, tels que l'azote et l'hydrogène, par exemple, et qu'on abandonne dans ces atmosphères des fruits arrivés à maturité complète, et mettant fin à l'expérience bien avant que la période de décomposition soit atteinte, on voit le volume du gaz augmenter d'une manière graduelle, et l'analyse y constate de jour en jour des quantités croissantes d'acide carbonique.

En mesurant, puis analysant le gaz extrait d'un lot de six oranges au commencement d'une expérience, puis le gaz contenu dans un autre lot de six oranges semblables après leur séjour dans une atmosphère d'azote, M. Cahours est arrivé à se convaincre que l'augmentation considérable de gaz acide carbonique constatée devait être attribuée, non pas à une simple combustion intérieure, mais à une véritable fermentatation, puisqu'il y avait eu production d'acide carbonique en l'absence de l'oxygène. Le même phénomène se produit, mais sur une moindre échelle, avec les citrons.

On voit que dans les fruits mûrs il se produit une véritable combustion interne, même en l'absence de l'oxygène, et que, par conséquent, la vie continue son travail sans qu'il soit possible de l'interrompre en plaçant les fruits dans un gaz inerte; on comprend, d'après ces résultats, que toutes les tentatives faites jusqu'à présent pour conserver des fruits dans des gaz comme l'acide carbonique, l'azote ou l'hydrogène, aient été infructueuses, même lorsque ces gaz ont été chauffés, et par suite dépouillés des germes de fermentation qu'ils pourraient contenir.

En résumé, les travaux de M. Cahours et ceux de MM. Decaisne et Fremy démontrent que les fruits traversent trois périodes qui se distinguent les unes des autres par des phénomènes chimiques très-tranchés et par des actions différentes sur l'air atmosphérique (*Compt. rend.*, t. LVIII, p. 656).

Pendant la première période, qui est celle du développement, le fruit présente en général une couleur verte, agit sur l'air atmosphérique à la manière des feuilles, décompose l'acide carbonique sous l'influence solaire et dégage de l'oxygène.

Dans la seconde période, qui est celle de la maturation, la couleur verte du fruit est remplacée par une coloration jaune, brune ou rouge; le fruit agit alors sur l'air en transformant rapidement l'oxygène en acide carbonique; il se produit dans les cellules du péricarpe une série de combustions lentes qui font disparaître successivement les principes immédiats solubles qui s'y trouvent; le tannin se détruit le premier, puis viennent les acides. C'est ce moment que l'on choisit, en général, pour manger les fruits. Si l'on attend plus longtemps

encore, le sucre lui-même disparaît et le fruit devient fade.

Ainsi on voit qu'il se produit dans les fruits pendant toute la période de la maturation une véritable combustion portant sur tous les principes neutres qu'ils renferment d'abord : ceux-ci donnent par oxydation des acides végétaux et de l'acide carbonique ; puis à mesure que la maturation avance, les produits incomplétement brûlés, tels que le tannin et les acides végétaux, se brûlent d'une façon complète et fournissent une nouvelle proportion d'acide carbonique ; le sucre alors est l'élément soluble dominant. La connaissance de cette succession de métamorphoses est utile aux vignerons des régions méridionales qui auraient souvent grand avantage à vendanger un peu tôt quand le raisin renferme encore une certaine quantité d'acide tartrique, qui va en diminuant à mesure que la maturation avance : les vins qu'on obtiendrait de ces raisins encore un peu acides seraient peut-être moins alcooliques que les vins produits avec des raisins complétement mûrs, mais ils auraient plus de bouquet et plus de saveur.

La troisième période que traversent les fruits est celle de la décomposition : elle a pour effet final de détruire complétement le péricarpe et de mettre la graine en liberté. A ce moment l'air entre dans les cellules ; en agissant d'abord sur le sucre, il détermine une fermentation alcoolique caractérisée par un dégagement d'acide carbonique et par la formation d'alcools qui, en s'unissant aux acides, donnent naissance à de véritables éthers auxquels les fruits doivent leur arôme. L'ananas présente une odeur remarquable d'éther éthylbutyrique ; le parfum de la poire et celui de la pomme sont dûs également à des combinaisons éthérées qu'il est aisé de reproduire artificiellement. L'air atmosphérique porte ensuite son action destructive sur la cellule même ; il colore en jaune les membranes azotées qui s'y trouvent. Ce phénomène, qui n'est autre que le *blessissement*, ne décompose pas seulement les cellules, mais il oxyde et fait disparaître certains principes immédiats qui ont résisté à la maturation : tout le monde sait qu'une nèfle qui était d'abord très-acide et astringente, perd son acide et son tannin, et n'est réellement comestible que lorsqu'elle est blette.

La période de décomposition du péricarpe commence donc par la fermentation, elle passe par le blessissement, et arrive à la destruction des cellules. On voit que, pendant toutes ces transformations, le dégagement d'acide carbonique produit par un fruit peut être dû, soit à un phénomène d'oxydation, soit à un phénomène de fermentation.

M. Chatin ne parait pas disposé cependant à admettre avec M. Cahours qu'il se produit habituellement, dans un fruit qui se ramollit, une véritable fermentation alcoolique, et il attribue la production de l'acide carbonique, observée par M. Cahours et par lui-même, plutôt à la combustion lente de matières tanniques qu'à une fermentation qui aurait pour effet de diminuer la proportion de sucre et de faire apparaître l'alcool ; modifications qui n'ont pas été, d'après lui, complétement démontrées (*Compt. rend.*, t. LVIII, p. 276).

Il est à remarquer cependant que, s'il ne se produisait pas dans les fruits une fermentation, on n'arriverait guère à concevoir comment se produisent les éthers composés qui leur donnent leur parfum. Or, nous avons dit déjà qu'on obtient aisément dans les laboratoires des produits qui rappellent à s'y méprendre l'odeur des fruits : c'est ainsi que l'acétate d'amyle présente au plus haut degré l'odeur de la poire ; que le valérate d'amyle rappelle complétement l'odeur de la pomme ; que le butyrate d'éthyle donne celle de l'ananas. Or, pour que ces différents éthers aient pu prendre naissance, il faut non seulement la présence d'acides qu'à la rigueur on peut croire dériver directement des glucosides par oxydation, mais il faut encore qu'il se soit produit une certaine quantité d'alcool ; cette formation directe a été au reste clairement démontrée dans ces derniers temps, et par conséquent, il faut admettre que les fruits, pendant leur maturation, éprouvent un commencement de fermentation alcoolique.

P.-P. Dehérain.

O

OBUS. Projectiles creux, chargés à l'intérieur de poudre, qui les fait éclater lorsqu'ils atteignent le but. Voyez PROJECTILES.

OCRE. Argile colorée par de l'oxyde de fer servant pour couleur jaune. C'est au moyen de broyages et de décantations dans l'eau, qu'on amène les substances argileuses à l'état de poudre très-fine. (Voyez ARGILE.)

ODEUR. On donne le nom d'odeur à la sensation que nous font percevoir certains corps facilement vaporisables, par des émanations qui s'élèvent continuellement de leur surface. Ces émanations sont bien ténues dans certains cas, bien qu'impressionnant assez vivement le nerf olfactif, puisque Boyle rapporte n'avoir pu constater de diminution de poids, à l'aide de la balance, d'une masse d'ambre gris pesant 53 gr., exposée à l'air pendant quatre jours dans un lieu qu'elle avait rempli de ses exhalaisons.

L'action des substances odorantes sur notre système nerveux est un fait constaté, non-seulement quant aux impressions agréables ou désagréables que nous ressentons et que chacun connaît, mais quant à son intensité qui peut aller jusqu'à causer de véritables maladies du système nerveux.

La science des odeurs, l'analyse de leur mode d'action, indépendamment des effets toxiques de substances agissant directement sur nos organes, autrement que par leur odeur même, est, on peut dire à créer, et nos connaissances bien limitées à ce sujet.

ŒNOLOGIE. L'œnologie ou, suivant l'étymologie, la science des vins, comprend non-seulement l'étude du VIN de raisin, du vin obtenu du jus sucré de la vigne alcoolisé par la fermentation, mais celle de tous les liquides produits avec de l'eau chargée d'alcool par l'effet de la fermentation de sèves sucrées, de grains, etc., comme est la BIÈRE ou vin d'orge, le CIDRE obtenu avec des pommes, etc.

Outre ces vins employés pour l'alimentation humaine, on en prépare beaucoup d'autres, au moyen de betteraves, de cannes, de pommes de terre, etc., non pour la consommation directe à laquelle ils sont impropres, mais pour produire par fermentation de l'alcool qu'on en extrait ensuite par distillation, ainsi qu'il a été dit à l'article ALCOOL.

ŒUFS (*Conservation des*). La coque des œufs est assez poreuse pour laisser tamiser l'air qui, arrivant au contact de l'albumine ou blanc d'œuf, en détermine l'altération au bout d'un temps assez court. Pour prévenir cette altération, on prend les œufs frais, et on les

plonge à plusieurs reprises dans un baquet rempli d'eau de chaux ; la chaux s'infiltre alors dans les pores de la coque, arrive au contact de l'albumine ou blanc d'œuf, avec lequel elle forme un composé insoluble qui bouche hermétiquement les pores de la coque, et qui, en s'opposant à tout accès de l'air, prévient ainsi toute altération subséquente.

OISEAUX DE BASSE-COUR. — L'élève de la volaille, la production des œufs constituent des industries d'une grande importance, surtout dans les pays comme le nôtre, où la division de la propriété multiplie le nombre des ménagères soignant leur basse-cour avec le soin que l'intérêt personnel peut seul inspirer. C'est, en effet, une industrie très-difficile sur une grande échelle (Voyez *Incubation artificielle*) et simple sur une petite, puisqu'il s'agit seulement d'assurer la santé des élèves par une surveillance assidue. Dans bien des fermes les profits de la basse-cour dirigée par une fermière habile payent une partie notable du fermage et assurent le succès de l'exploitation. Nous résumerons ici les principales conditions de succès, d'après un habile praticien. Disons d'abord un mot du poulailler.

La liberté dont on laisse jouir les volailles dans la plupart des fermes a le double avantage de les nourrir à peu de frais, et de débarrasser les fumiers d'une quantité de grains qui plus tard germeraient dans la terre et nuiraient à la culture ; mais, lorsqu'on attache à l'éducation des volailles une importance particulière, on dispose pour elles un local particulier qu'on appelle basse-cour. La basse-cour doit être séparée des autres bâtiments de la ferme par un mur, un treillage ou une haie très-épaisse, et l'on y plante quelques arbres qui peuvent offrir aux oiseaux un aliment sain et leur servir de juchoir pendant la nuit. On doit trouver dans cette basse-cour : un amas de sable ou de cendres, où les poules aiment à se rouler ; une pièce de gazon où elles viennent s'ébattre ; des baquets couverts, au niveau du sol, remplis d'une eau pure et souvent renouvelée, où elles viennent s'abreuver par des ouvertures faites exprès ; une ou deux mares pour les oiseaux aquatiques, s'il n'existe pas à proximité de la ferme un ruisseau ou un étang.

Le poulailler doit être placé dans un lieu sec et exposé de manière à jouir dès le matin des rayons du soleil. Il doit être subdivisé en plusieurs logements, destinés spécialement aux poulets, aux dindons, aux canards, aux oies, aux nouvelles couvées, aux volailles en engrais et aux volailles malades. Quand l'emplacement est petit, les pièces destinées aux différentes espèces peuvent être isolées les unes au-dessus des autres. Dans chaque pièce on assure une ventilation salutaire, au moyen d'ouvertures garnies de volets qu'on ferme ou qu'on ouvre à propos. Du reste, la grandeur du poulailler dépend de la quantité de volailles qu'on veut entretenir. Chaque poule a besoin d'un emplacement de 48 centimètres carrés. Le succès de cette industrie dépend beaucoup des qualités que possède et des soins qu'y donne la femme de basse-cour qui est chargée du service du poulailler. Elle doit être douce, patiente, vigilante, se faire aimer de sa volaille, être *exacte*, donner la distribution de la nourriture chaque jour à la même heure, le matin au lever du soleil, et le soir à trois heures, examiner si l'appétit des animaux est bon, si la nourriture leur profite, les passer en revue et en vérifier le nombre, guetter les poules qui ont de la disposition à couver, visiter l'endroit où elles pondent, faire le triage des œufs destinés à être consommés ou couvés, connaître les méthodes de chaponner et d'engraisser, et savoir porter remède aux maladies.

La *poule* est le plus commun des gallinacés de basse-cour. Le mâle s'appelle *coq ;* le petit, d'abord *poussin*, puis *poulet ;* la castration transforme la poule en poularde, et le coq en chapon. Il existe de nombreuses variétés de poules. Les plus répandues en France sont la poule ordinaire que recommandent la rusticité de l'espèce, la qualité, les produits et le peu de frais que sa nourriture exige ; la poule anglaise, remarquable par sa petitesse : parmi les races les plus estimées, les poules de Crève-cœur, de Houdan, du Mans et de la Bresse ; leurs œufs gros et nombreux donnent d'excellents poulets, mais ils sont souvent clairs, c'est-à-dire inféconds. Ces poules couvent rarement et tard dans l'année. En résumé, il faut préférer, pour le peuplement de la basse-cour, les poulets du pays, les améliorer par des soins intelligents et une bonne alimentation Il est bon, d'ailleurs, d'introduire concurremment dans la basse-cour quelques-unes des belles races indiquées ci-dessus, comme d'en écarter les grosses races, massives de squelette, pauvres en chair et ne donnant que de petits œufs qu'on désigne sous le nom de poules de Cochinchine et de Brahma-Poutra. Le coq commence à cocher à trois mois, et sa grande vigueur dure trois à quatre ans. Un beau coq peut servir 10 à 12 poules. Il faut, dans certains cas, tel qu'un refroidissement de température ou une nourriture trop rafraîchissante, lui donner des aliments excitants. Les poules n'ont pas besoin d'être cochées pour produire des œufs ; mais, dans ce cas, elles en donnent moins et ils sont impropres à l'incubation. Une bonne poule pond chaque année de 120 à 150 œufs. En général, elles pondent presque toute l'année, excepté au temps de la mue, c'est-à-dire en novembre et décembre. Les jeunes poules commencent à pondre vers l'âge de dix mois.

On choisit pour couver les plus grosses et les plus apprivoisées, et celles dans qui le désir de l'incubation paraît le plus fréquent. Mais quand on a plus d'intérêt à faire pondre qu'à faire couver, on leur fait passer ce désir en les tenant renfermées séparément dans un lieu frais, obscur et loin du bruit, où on les laisse deux jours sans les visiter ni leur donner de nourriture. Par le temps froid, on peut donner une douzaine d'œufs à couver à une poule ; en été 15 ou 18, si elle est assez large pour les couvrir. Dans les temps chauds et secs, on doit baigner chaque jour les œufs dont l'incubation est avancée, pour leur conserver l'humidité nécessaire à l'éclosion, qui a lieu au bout de 20 à 22 jours. Les chapons, les vieux coqs et les dindes peuvent aussi couver les œufs, et conduisent ensuite les poussins avec autant de vigilance qu'une poule. Quand tous les poussins sont éclos, on les sort du nid avec leur mère, et on les place dans un endroit chaud, où ils puissent se promener sans danger. Le premier jour, on soutient leurs forces avec un peu de vin. Le soir, on les replace dans leur panier, où la mère les tient chaudement sous ses ailes pendant la nuit. Leur première nourriture doit être de la mie de pain trempée dans du vin et mêlée avec des œufs durs hachés très-mince ; lorsque leur bec commence à se durcir, on leur donne des criblures de blé ou autres grenailles fines.

La nourriture ordinaire des poules se compose de criblures et son bouilli. L'orge moulue ou à demi-cuite leur fait pondre de gros œufs ; un peu de verdure les rafraîchit et contribue à leur bonne santé. 4 onces de grains par jour suffisent à celles qui sortent, et 6 à celles qui sont renfermées. On leur donne aussi des fruits gâtés, des pommes de terre cuites, etc. Le moyen le plus économique est de leur distribuer la graine moulue, délayée et formant une sorte de bouillie ou de pâte. Les poules sont avides de vers, et on a imaginé de leur en procurer au moyen de verminières artificielles. Ce supplément entretient leur santé, aiguise leur appétit accélère la ponte.

Les œufs que l'on veut conserver doivent être placés dans des endroits secs, où la température ne soit pas trop élevée. L'air extérieur déterminerait bientôt la dé-

OISEAUX DE BASSE-COUR.

composition et l'évaporation graduelle de l'œuf, si on ne mettait pas la coquille à l'abri de son influence immédiate, notamment par le procédé indiqué à l'article précédent.

On châtre les coqs et les poules dans le but de rendre leur chair plus grasse et plus délicate. L'opération se fait à l'âge d'environ 4 mois, au printemps ou en automne : elle consiste, pour le coq, dans l'extraction des testicules, par une incision faite au bas du flanc gauche, et qui permet au doigt indicateur, introduit dans l'abdomen, d'aller chercher et détacher ces organes dans la région des reins, à gauche et à droite de la ligne médiane ; et pour les poules, dans l'enlèvement de l'ovaire, petit corps rond placé sous le croupion, et indiqué par une petite élévation, à laquelle on fait une incision transversale assez grande pour y introduire le doigt. Quand on veut engraisser un chapon ou une poularde, on les tient en lieu chaud, dans une des loges de l'épinette, privés de lumière et de mouvement, et on doit les y nourrir abondamment, en leur faisant avaler deux ou trois fois par jour sept à huit boulettes de farine de millet, maïs, sarrasin, orge et avoine trempés dans de l'eau ou du lait, sans leur donner à boire ; on les engraisse au bout de quinze jours.

Les principales maladies des poules sont la pépie, la maladie du croupion, la diarrhée, la constipation, la goutte, la toux, la roupie, les pustules. Ces deux dernières sont contagieuses. Elles sont en général produites par la malpropreté, l'infection du poulailler, la mauvaise nourriture, la disette ou la malpropreté de l'eau. La cause du mal est déjà une indication du remède. La pépie est caractérisée par une pellicule cornée d'un blanc mat qui se développe à l'extrémité de la langue, et qu'il faut enlever doucement avec une aiguille ou un canif. On reconnaît en général qu'une poule est malade à la pâleur de sa crête, au hérissement de ses plumes qui deviennent ternes, à sa démarche lente et triste. Le remède en est également dans la propreté. Dans le temps de mue, il faut tenir la volaille chaudement et à couvert matin et soir, et la nourrir de maïs et de millet.

Le *dindon*, originaire d'Amérique, est le plus profitable, mais le plus difficile à élever de tous les oiseaux domestiques. La poule d'Inde ne commence guère à pondre qu'à un an ; elle fait par an deux pontes de quinze ou vingt œufs d'un blanc sale tacheté de points roux, et un peu plus gros que ceux de la poule. On perd beaucoup de ses œufs par l'effet de l'instinct qui la porte à établir son nid dans des lieux cachés, où ils deviennent la proie des belettes, des renards ou des rats. Le seul moyen d'éviter ces pertes, c'est de la palper tous les matins pour reconnaître si elle doit pondre dans la journée, et de la tenir renfermée jusqu'à ce qu'elle ait donné son œuf, qu'elle pond ordinairement tous les deux jours. La poule d'Inde est encore plus constante dans l'incubation que la poule commune ; elle se prête à faire consécutivement deux ou trois couvées, pendant lesquelles il faut lui donner à boire et à manger et lui faire chaque jour prendre l'air. Les petits dindonneaux naissent ordinairement avec un petit bouton jaunâtre sur la pointe supérieure du bec ; on le leur retire avec une épingle. Comme ils sont très-sensibles au froid, on doit faire en sorte qu'ils éclosent en mai, dans un endroit sec et chaud. A leur naissance, on les nourrit comme les jeunes poulets. On doit souvent les forcer à manger, parce que leur stupidité naturelle va quelquefois jusqu'à négliger de demander même le nécessaire. Au bout de huit jours, on diminue leur nourriture et on les laisse aller brouter l'herbe dans les environs. Alors on leur donne encore un mélange de salades cuites et hachées, d'orties, de pois, du gruau cuit dans du lait, de l'avoine, du petit blé, etc. A l'âge de 18 ou 20 jours, on leur donne aussi un peu d'absinthe et du lait caillé dans leur salade. On leur administre des aliments trois fois par jour ; on les laisse en plein air le matin quand il fait beau, et le soir, on les met à l'ombre. On leur donne un peu de vin quand ils paraissent languissants. Une pluie froide, dont ils viendraient à être pénétrés, peut être suivie chez eux d'un engourdissement mortel, si on ne les enveloppe aussitôt d'une toile chaude, ou si on ne les place au feu ou au soleil.

On fait mener les dindons dans les champs, où ils trouvent des vers, des limaçons et de l'herbe, surtout après la moisson, par une femme qui les abreuve soigneusement d'eau fraîche, et qui les conduit promptement sous un abri, à l'approche du mauvais temps. Les dindonneaux sont exposés à une crise très-dangereuse au moment où les caroncules charnues qui recouvrent la tête et le cou de ces oiseaux commencent à se développer. On dit alors qu'ils prennent le rouge. Il faut alors les réchauffer au soleil et près du feu, et combattre leur faiblesse par des boissons fortifiantes et des aliments toniques. Ils sont exposés, comme les poussins, à la pépie, à la goutte, aux indigestions et à la diarrhée ; mais la maladie la plus dangereuse est le bouton qui se développe dans le bec et le gosier et, à l'extérieur, sur toutes les parties non garnies de plumes. On la croit contagieuse ; il faut séparer l'animal et le tenir à un régime échauffant.

On nourrit et l'on engraisse les dindes avec des pommes de terre, des glands, des châtaignes, des noix, et quelque farines de peu de valeur. L'engraissement se termine presque toujours en faisant avaler à l'animal la nourriture qu'il ne prendrait pas de lui-même en quantité nécessaire, surtout les châtaignes et les noix. On leur en fait d'abord avaler une vingtaine par jour en deux ou trois fois ; on augmente rapidement la dose, qui peut aller jusqu'à 150 noix par jour ; au bout de douze heures elles sont entièrement digérées.

La *pintade* est un fort bel oiseau venu d'Afrique, mais qui est désagréable par ses cris aigus et son caractère sauvage. Ses œufs sont petits, mais d'une grande délicatesse. Il faut les faire couver par d'autres poules, car la pintade délaisse facilement ses œufs. Les jeunes pintades ressemblent à des perdreaux, et font un excellent manger. A défaut d'œufs et de farine, on nourrit les pintades comme les dindons.

Les jeunes *paons* ont la même qualité ; c'est à l'âge de 4 à 5 mois qu'on les engraisse.

On connaît trois espèces de *faisans* : le commun, l'argenté et le doré. L'éducation du faisan commun, quoique la plus facile, présente encore des difficultés, à cause de sa sauvagerie. On trouve en général préférable de faire couver ses œufs par de petites poules communes, qui éloignent moins les jeunes faisans de la maison que ne ferait une faisanne. Sa première nourriture se compose d'œufs hachés menu ; des œufs de fourmi leur sont presque indispensables de temps à autre. Dès le second mois, on peut leur distribuer une nourriture moins choisie, telle que des criblures de blé ou des grenailles fines. La mue de leur queue amène, vers le troisième mois, une crise qui leur est souvent fatale ; c'est à ce moment que les substances animales sont le plus nécessaires à leurs forces. Quand ils commencent à voler, il faut les enfermer dans des cours grillées de tous côtés, ou leur casser le fouet de l'aile, pour les empêcher de s'envoler dans les bois, d'où jamais ils ne reviendraient.

L'*oie* est un des plus utiles de nos animaux domestiques. Il y en a de deux races, la grande et la petite ; mais on ne s'occupe guère que de la grande, parce qu'elle est d'un meilleur rapport. Il y en a de blanches, de noires et de grises. Les blanches sont plus recherchées, à cause de leur duvet. Un mâle suffit à 5 ou 6 femelles. L'accouplement a lieu en février, ou même plus tôt, suivant la température. On reconnaît que le moment de la ponte est venu lorsqu'on voit l'oie apporter de la paille à son bec, pour construire son nid, et rester long-

temps posée sur ses œufs. Il faut alors répandre de la paille sèche et brisée dans l'endroit qu'elle a choisi, et, s'il n'est pas chaud et tranquille, l'attirer dans un autre convenable, où elle déposera successivement ses œufs. L'incubation dure de 27 à 30 jours. La première nourriture et les premiers soins à donner aux oisons sont à peu près les mêmes que pour les autres volailles. On les laisse barbotter dans l'eau tout le temps qu'il leur plaît. On doit éviter de les envoyer pâturer dans les prairies dont elles détruiraient les bonnes herbes ; on leur livre seulement les terrains vagues. Leur nourriture à l'herbe est très-peu coûteuse, et de nombreux troupeaux d'oies sont la fortune de bien des villages de la Lorraine. Pour engraisser les oies, on a soin de les plumer sous le ventre, de leur donner une nourriture abondante, et de les renfermer dans un lieu obscur, étroit et tranquille. C'est au mois de novembre qu'on commence l'opération.

Il y a deux modes d'engraissement : le premier, plus lent, mais plus énergique, consiste à leur présenter une pâtée de pois, de pommes de terre, de farine d'orge, d'avoine et de maïs détrempés dans de l'eau ou du lait, qu'on leur laisse manger à discrétion. Le second procédé est plus prompt : on prend l'oie trois fois par jour, on la place entre ses jambes, on lui ouvre le bec de la main gauche et on lui fait avaler de la main droite sept à huit boulettes de 2 pouces de long sur un pouce d'épaisseur; on lui fait ensuite boire du lait ou de l'eau de son. Cet engraissement dure 16 à 20 jours. Les mutilations employées jadis pour hâter l'engraissement sont abandonnées aujourd'hui comme cruelles et inutiles.

Les oies donnent deux sortes de plumes : les grandes, qui se tirent des ailes et servent à écrire, et les petites qui servent à faire des oreillers et suppléent à l'édredon. Pour avoir celles-ci, on plume les vieilles oies trois fois l'an, de la fin de mai à la fin de septembre; mais pas plus tard, à cause du froid. On reconnaît que le duvet est mûr lorsqu'il se détache de lui-même. On le prend sous le ventre, autour du cou et sous les ailes. On fait sécher doucement les plumes au four, une demi-heure après qu'on en a retiré le pain, et on les conserve dans des tonneaux ou dans des sacs placés en lieu sec.

Notre *canard* commun descend évidemment du canard sauvage, dont il a conservé la constitution et les habitudes. Le mâle se distingue principalement de la femelle par deux ou trois petites plumes retroussées que l'on remarque à la naissance de la queue. On en élève deux variétés très-distinctes par leur dimension, le canard barbotteur ordinaire et le canard de Normandie, qui est sensiblement plus fort que le canard sauvage. Le canard exige de l'eau plus impérieusement que les oies; il aime moins à parcourir les champs et son parcours n'a pas les mêmes inconvénients. Il ne faut pas songer à l'élever dans les lieux secs et arides. Les œufs de cane, plus gros que ceux de la poule, sont aussi délicats à manger. Leur coque paraît plus lisse, ils sont de couleur verdâtre, le jaune est gros, assez foncé. Le canard musqué ou de Barbarie est plus fort et plus gros que les autres. L'eau ne lui est pas nécessaire. Il aime à se percher sur des objets peu élevés. La femelle aime à pondre dans des endroits retirés, mais non à être renfermée. Ses œufs sont plus gros. Le canard de Barbarie s'allie assez volontiers à la cane commune, mais les petits qui proviennent de cette union sont inféconds. Sa chair est excellente, pourvu qu'aussitôt sa mort, on retranche la tête, qui communiquerait au reste du corps une odeur musquée.

Les canards sont très gloutons, et on peut dire qu'ils mangent de tout: ainsi, les balayures, les criblures des greniers, les racines, les fruits tout leur est bon, pourvu que cela soit humecté. Mais c'est surtout dans les eaux des rivières, des étangs et des mares qu'ils trouvent leur nourriture, y récoltant les vers et insectes qui multiplient sous l'influence de la chaleur et de l'humidité.

On distingue deux variétés de *pigeons :* le pigeon de colombier, qui ne fait que trois pontes, mais qui ne demande pas beaucoup de soin, parce qu'il va chercher au loin sa nourriture ; et le pigeon de volière, dont la fécondité est très-grande quand il est bien nourri. Si l'on veut tirer un profit constant du pigeon de colombier, il faut faire en sorte d'employer une partie des anciens à la consommation, et d'en laisser de jeunes pour une reproduction suffisante. Il faut leur donner en hiver, surtout par le temps de neige, du sarrasin ou de la vesce, pour les mieux attacher à leur demeure. Les pigeons ont pour le sel un goût prononcé, qui paraît un besoin réel; on les voit changer de pigeonnier pour se fixer dans celui où ils rencontrent du sel sous une forme quelconque.

ACIDE OLÉIQUE. Cet acide que l'on retire du suif, comme produit accessoire de la fabrication de l'acide stéarique (voyez STÉARIQUE), est liquide, incolore ou légèrement jaunâtre, presque insipide, insoluble dans l'eau, soluble, au contraire, en toutes proportions dans l'alcool; sa densité = 0,898 à 16. Il est employé surtout à la fabrication des savons mous à base de potasse. (Voyez SAVONS.)

OLÉOMÈTRE. On désigne sous ce nom trois instruments différents qui ont été inventés pour découvrir, par le moyen de la densité, la fraude qu'on fait subir aux huiles commerciales.

Le premier, imaginé par M. Laurot, chimiste à Paris, pour l'huile de colza brute, porte le nom spécial d'*oléomètre à chaud.*

Le second, qui a pour auteur M. Lefebvre, courtier de commerce à Amiens, et qui sert à l'essai de toutes les espèces d'huiles sans distinction, est connu sous le nom d'*oléomètre à froid.*

Enfin, le troisième construit par M. Gobley, pharmacien à Paris, sert spécialement à constater les fraudes des huiles d'olive et d'amandes douces par l'huile d'œillette, dite *huile blanche;* il est plus connu sous le nom d'*élaïomètre.*

Nous allons décrire successivement ces trois densimètres :

I. *Oléomètre à chaud.* L'huile de colza brute est depuis longtemps soumise à de nombreuses falsifications. On la mélange communément avec des huiles ayant une moindre valeur, telles que celles de poisson, de lin, d'œillette, de ravison, etc. Dans le but de mettre un terme à ces falsifications toujours croissantes, les acheteurs d'huile de colza non épurée, de Paris, se sont réunis et ont engagé M. Laurot à faire des recherches pour trouver un moyen facile de découvrir dans l'huile de colza la présence d'une huile étrangère. Après bien des essais, M. Laurot leur a livré l'instrument qu'il a nommé *oléomètre.*

Il se compose d'une burette en fer-blanc, faisant fonction de bain-marie. On y place un cylindre creux de même métal, dans lequel on introduit l'huile à essayer. Quand on expose cet appareil au feu, l'eau ne tarde pas à entrer en ébullition ; la chaleur se communique à l'huile, qui prend alors une température qui ne peut pas dépasser 100°. Un petit aréomètre, plongé dans l'huile, marque la densité de ce liquide; mais, comme sa tige est extrêmement fine, les plus légères différences dans le poids spécifique sont rendues sensibles. La tige est partagée en parties égales. Il y a deux cents parties ou degrés au-dessous de 0°, et vingt à vingt-cinq parties au-dessus. Enfin un thermomètre, plongé dans le vase, indique quand la température est arrivée à 100°.

M. Laurot a observé qu'à la température de l'ébullition, les huiles sont loin d'avoir la même densité, et que les différences sont très-sensibles sur la fine tige

de l'oléomètre, qui dans une espèce s'enfonce peu, et beaucoup dans une autre.

Dans l'huile de colza, l'oléomètre s'arrête au 0°;
— poisson, — à 83°;
— d'œillette, — à 124°;
— chenevis, — à 136°;
— lin, — à 210°.

Comme on le voit, les différences sont toujours très tranchées.

Quand l'huile de colza est mélangée de 5 ou 10 p. 100, par exemple, d'une autre huile, l'oléomètre le dénote aussitôt, en s'enfonçant d'une moindre quantité.

A l'instrument est joint une table, sur laquelle sont ndiqués les degrés que doit marquer l'oléomètre, quand il y a 5, 10, 15, 20, etc., p. 100 d'huile de poisson ou toute autre.

Mais parmi les huiles commerciales, il en est deux qui sont plus légères que l'huile de colza, à savoir : l'*huile de cachalot* et *l'huile de suif* ou *acide oléique*, et qui, par conséquent, peuvent permettre, par leur mélange avec la première, l'introduction d'une certaine quantité d'huiles communes plus denses, sans que l'oléomètre indique la fraude. Nous sommes parvenus, en effet, au moyen de l'acide oléique, à introduire dans l'huile de colza jusqu'à 40 p. 100 d'huile de lin, d'œillette on de poisson, et l'oléomètre n'en continuait pas moins de marquer 0°, comme dans une huile tout à fait pure.

D'après cela, il faut donc toujours avoir la précaution, avant de faire usage de l'oléomètre, de s'assurer que l'huile à essayer ne renferme aucune des deux huiles plus légères dont il vient d'être question. Heureusement, rien n'est plus simple.

L'huile de cachalot, très rare du reste dans le commerce, communique à l'huile de colza la propriété de brunir fortement par l'introduction de quelques bulles de chlore gazeux.

Quant à l'acide oléique, son odeur repoussante, son acidité très prononcée, et sa grande solubilité dans l'alcool à 36°, permettent d'en reconnaître moins de 4 à 5 p. 100 dans l'huile de colza. Dans le cas de mélange, celle-ci rougit très manifestement le papier bleu de tournesol légèrement humide, et elle cède à l'alcool froid presque tout l'acide oléique qu'elle contient, en sorte que par l'évaporation de l'alcool, celui-ci apparaît avec tous ses caractères distinctifs.

Un grave inconvénient de l'oléomètre de M. Laurot, c'est que, tandis qu'il marque 0° dans l'huile de colza d'hiver, il s'arrête au-dessous de 0° dans l'huile de colza d'été, ainsi que dans celle de navette d'hiver et d'été, de sorte qu'il peut faire considérer comme des falsifications des mélanges de ces différentes huiles les unes avec les autres, mélanges que le commerce, cependant, a toujours acceptés comme huile de colza pure.

Cette circonstance, et la nécessité d'opérer à chaud, sont bien certainement les causes qui ont empêché les épurateurs d'adopter définitivement l'instrument dont il vient d'être question.

II. *Oléomètre à froid*. Un instrument bien supérieur au précédent, parce qu'il réunit commodité, promptitude et précision dans son emploi, est celui que M. Lefebvre a construit en 1839, et qui repose sur ce principe :

1° Que les diverses espèces d'huiles pures ont des densités différentes et variables avec la température;

2° Qu'en général, on ne trouve pas deux huiles qui aient la même densité à la même température.

Si donc on arrive à connaître la densité d'une huile, et en même temps sa température, on n'a qu'à consulter les tables qui indiquent les poids des différentes huiles pour toutes les températures; l'espèce d'huile est aussitôt déterminée. S'il y a incertitude entre deux huiles, des caractères chimiques interviennent qui décident la question.

D'après M. Lefebvre, voici la densité des diverses huiles commerciales, récemment préparées, à la température normale de + 15° :

DÉSIGNATION des HUILES :	DENSITÉ comparée à celle de l'eau représentée par 10,000.	POIDS de l'hectolitre.	POIDS du litre.
		kil.	gr.
du corps du cachalot. .	8,840	88,40	884,
de suif ou acide oléique	9,003	90,03	900,3
de colza d'hiver.	9,150	91,50	915,
de navette d'hiver. .	9,154	91,54	915,4
de navette d'été.	9,157	91,57	915,7
de pieds de bœuf. . . .	9,160	91,60	916,
de colza d'été.	9,167	91,67	916,7
d'arachide.	9,170	91,70	917,
d'olives.	9,170	91,70	917,
d'amandes douces. . . .	9,180	91,80	918,
de faine.	9,207	92,07	920,7
de raisin.	9,210	92,10	921,
de sésame.	9,235	92,35	923,5
de baleine filtrée. . . .	9,240	92,40	924,
d'œillette.	9,253	92,53	925,3
de chènevis.	9,270	92,70	927,
de foie de morue. . .	9,270	92,70	927,
de foie de raie.	9,270	92,70	927,
de caméline.	9,282	92,82	928,2
de coton.	9,306	93,06	930,6
de lin.	9,350	93,50	935,

Il est à noter que lorsque les huiles vieillissent, leur densité augmente toujours sensiblement, sans doute à cause de la modification plus ou moins profonde qu'elles éprouvent de la part de l'oxygène de l'air, qui, comme on sait, est absorbé par elles. C'est ainsi, par exemple, qu'une huile de coton fraîche pèse 9,306, tandis qu'après deux ans de repos dans un flacon, elle pèse 9,320. L'augmentation, toutefois, ne porte que sur les deux dernières décimales.

L'oléomètre de M. Lefebvre a la forme d'un aréomètre ordinaire, seulement le réservoir cylindrique est très grand et la tige très longue (fig. 1). Celle-ci porte une échelle graduée sur laquelle sont inscrites les densités comprises entre 9,000 jusqu'à 9,400, limites entre lesquelles sont renfermées les densités des diverses huiles commerciales. Seulement, comme il eût été impossible de placer quatre chiffres sur l'échelle, on a retranché le premier et le dernier, pour ne conserver que les deux du milieu, ce qui n'a aucun inconvénient dès qu'on en est prévenu. Ainsi, les chiffres de 1 jusqu'à 40, placés sur l'échelle, doivent être précédés de 9 pour exprimer la densité et le poids de l'hectolitre. La place de l'huile de colza, par exemple, se trouve au nombre 15; il faut lire alors 9,150 de densité, ou 91 kil. 5 hectogr. pour le poids de l'hectolitre, ou encore 915 grammes pour un litre.

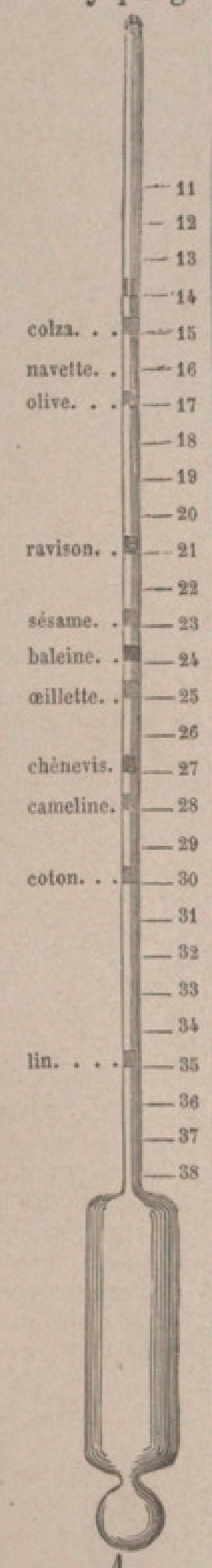
A la gauche de l'échelle et en face de la densité, se trouvent les noms des huiles. Pour la facilité des vérifications, leur place est représentée par une couleur à peu près semblable à celle que prend chaque espèce sous l'influence de l'acide sulfurique concentré. Les couleurs font mieux distinguer la place où s'arrête le niveau de l'huile sur l'instrument, quand celui-ci est plongé dans les barils; de cette manière on n'a pas besoin de retirer l'oléomètre pour connaître la densité exprimée en chiffres.

L'instrument ayant été gradué pour la température de + 15°, il y a donc toujours nécessité de consulter la température de l'huile au moment où l'on y plonge l'oléomètre, et de faire une correction au chiffre obtenu lorsque la température est supérieure ou inférieure à + 15°. D'après M. Lefebvre, la correction pour toutes ces huiles est de 1° 1/2 centigrade pour un millième de densité en plus ou en moins, à partir de + 15° : soit 3° centigr. pour 2 millièmes, 6° pour 4 millièmes, etc. Lors donc qu'une huile est à + 18° centigr., l'oléomètre descend alors à 2 millièmes au-dessous de la densité réelle, et il faut donc augmenter de 2 millièmes le chiffre trouvé. Si l'huile est à + 12°, l'instrument s'arrête à 2 millièmes au-dessus de la véritable densité, et il faut d'abord diminuer ces 2 millièmes de la densité apparente.

A + 3° centigr. pour les huiles de colza et de navette, à + 8° pour l'huile d'olive, la vérification ne peut avoir lieu à cause de leur concrétion. Il faut alors faire chauffer l'huile dans le tube d'essai, soit avec la main, soit avec de l'eau tiède, et avoir la précaution d'agiter l'huile avec une baguette, ou même avec le thermomètre.

Pour éviter tous les calculs relatifs aux corrections de température, M. Lefebvre a dressé des tableaux donnant les poids des huiles à l'hectolitre pour toutes les températures ordinaires, c'est à dire celles qui sont comprises entre + 30°, et — 6° centigr. On les trouvera dans le tableau de la page suivante.

L'instrument de M. Lefebvre donne le moyen non-seulement de faire la distinction des huiles entre elles, mais, jusqu'à un certain point, de faire connaître les mélanges des unes avec les autres, car les huiles n'éprouvant aucune modification chimique par leur simple mélange, il est évident que les densités des mélanges récemmment préparés sont proportionnelles aux quantités respectives des huiles mêlées. L'oléomètre pourra donc indiquer, au moins dans le plus grand nombre des cas, les rapports de quantités entre deux huiles qui auront été mélangées. Si, par exemple, l'huile de colza a été additionnée de son volume d'huile de lin, comme il y a entre ces deux huiles 20 millièmes de différence pour la densité, l'oléomètre plongé dans un pareil mélange s'arrêtera à 25, soit 9,250, qui est la densité de l'huile d'œillette. Si le mélange a été fait dans les rapports de 1/4 de lin et 3/4 de colza, l'instrument indiquera 9,200. Enfin, si le mélange n'est que de 1/10e de lin, on aura 2 millièmes en plus de la densité de l'huile de colza, soit 9,170.



1.

Mais pour tirer des indications précises de l'oléomètre dans ces cas de mélange, il est évident qu'il faut pouvoir à l'avance reconnaître quelle est l'huile qui a été ajoutée à l'huile de plus grande valeur. Or, c'est ici que M. Lefebvre fait intervenir l'action d'un agent chimique, l'acide sulfurique, qui, par les effets de coloration qu'il produit sur chaque espèce d'huile, permet de caractériser chacune d'elles, qu'elle soit pure ou mélangée.

L'idée de l'emploi de l'acide sulfurique, pour la distinction des huiles, est due à M. Heydenreich, pharmacien à Strasbourg, qui la fit connaître en 1841. Ce chimiste a reconnu, le premier, que lorsqu'on ajoute une goutte d'acide sulfurique concentré à dix ou quinze gouttes d'une huile quelconque, déposées sur un verre blanc recouvrant une feuille de papier, on voit presque aussitôt apparaître une coloration qui varie avec l'espèce d'huile employée. Ainsi :

L'huile d'olive prend une teinte jaune prononcée, devenant peu à peu verdâtre ;
— d'arachide — jaune d'un gris sale;
— de sésame — d'un rouge vif;
— de navette — de gris sale;
— de cameline — jaune, puis orangée;
— d'œillette — jaune pâle avec contour gris sale;
— de chènevis — d'émeraude bien prononcée;
— de lin — rouge brun passant au brun noir;
— de coton — jaune avec stries brunes au centre;
— de baleine — d'un rouge brun foncé
— de colza offre une auréole bleu verdâtre;
— de faine offre une auréole gris sale, puis verdâtre avec stries jaunes au centre.

Lorsque deux huiles sont mélangées et qu'on les soumet à l'action du réactif, il se manifeste alors une coloration toute différente de celles qu'on obtient avec les huiles pures, et qui permet de reconnaître la nature de l'huile employée par la fraude.

Mais, il faut le dire, les nuances précédentes ne sont pas toujours aussi tranchées que nous l'indiquons ici, et il y a certaines huiles qu'il serait bien difficile de distinguer de certaines autres au moyen de ces effets de coloration, la différence étant parfois à peine sensible. Ainsi, par exemple, l'huile d'arachide, l'huile d'œillette, l'huile d'olive, l'huile de cameline, se sont comportées absolument de la même manière dans nos essais avec l'acide sulfurique. L'acide oléique et l'huile de baleine n'offrent pas non plus des différences bien prononcées.

D'ailleurs, la même huile ne donne pas toujours des résultats identiques avec l'acide sulfurique; le lieu de provenance, l'ancienneté de l'huile, le mode d'extraction, sont autant de causes qui modifient les effets du réactif. Aussi faut-il toujours, quand on essaie une huile, opérer comparativement avec d'autres échantillons de la même huile pure.

C'est surtout lorsque les huiles sont mélangées les unes avec les autres, que la distinction au moyen de l'acide sulfurique devient excessivement difficile, et ce n'est que par une longue habitude, par des essais comparatifs sur des mélanges préparés à dessein avec les huiles qu'on suppose exister dans l'huile fraudée, qu'on peut arriver, non à une certitude absolue, mais à une probabilité. Le problème devient encore plus compliqué lorsqu'il s'agit de déterminer les proportions du mélange, et nous ne pouvons accorder qu'il soit possible d'obtenir du réactif, sous ce rapport, des indications de quelque valeur.

Au reste, l'emploi de l'acide sulfurique n'est que secondaire, et il n'est pas indispensable d'y recourir dans le plus grand nombre des cas.

C'est la différence de prix des huiles qui fait qu'on mélange entre elles des espèces de différentes valeurs; c'est enfin la différence de prix des tourteaux qui fait qu'après avoir obtenu l'huile d'une graine, on en broie les tourteaux avec ceux d'une plus grande valeur. Ces mélanges de tourteaux procurent, au rebattage, une huile qui est toujours introduite dans celle du prix le

TABLEAU DONNANT LE POIDS DES HUILES A L'HECTOLITRE A TOUTE TEMPERATURE.

Température au thermom. centigrade	HUILE de colza d'hiver.	HUILE de navette d'hiver.	HUILE de navette d'été.	HUILE de colza d'été.	HUILE de pied de bœuf.	HUILE d'olive.	HUILE d'arachide	HUILE d'amande douce.	HUILE de faine.	HUILE de ravison.	HUILE de sésame.	HUILE de baleine.	HUILE d'œillette.	HUILE de foie de morue.	HUILE de foie de raie.	HUILE de chènevis.	HUILE de cameline.	HUILE de coton.	HUILE de lin.
+36	90,47	90,55	90,57	90,67	90,60	90,70	90,70	90,80	91,07	91,10	91,30	91,40	91,53	91,60	91,70	91,70	91,82	92,06	92,50
29	90,54	90,62	90,64	90,74	90,67	90,77	90,77	90,87	91,14	91,17	91,37	91,47	91,60	91,67	91,77	91,77	91,89	92,13	92,57
28	90,61	90,69	90,71	90,81	90,74	90,84	90,84	90,94	91,21	91,24	91,44	91,54	91,67	91,74	91,84	91,84	91,96	92,20	92,64
27	90,67	90,75	90,77	90,87	90,80	90,90	90,90	91,00	91,27	91,30	91,50	91,60	91,73	91,80	91,90	91,90	92,02	92,26	92,70
26	90,74	90,82	90,84	90,94	90,87	90,97	90,97	91,07	91,34	91,37	91,57	91,67	91,80	91,87	91,97	91,97	92,09	92,33	92,77
25	90,81	90,89	90,91	91,01	90,94	91,04	91,04	91,14	91,41	91,44	91,64	91,74	91,87	91,94	92,04	92,04	92,16	92,40	92,84
24	90,87	90,95	90,97	91,07	91,00	91,10	91,10	91,20	91,47	91,50	91,70	91,80	91,93	92,00	92,10	92,10	92,22	92,46	92,90
23	90,94	91,02	91,04	91,14	91,07	91,17	91,17	91,27	91,54	91,57	91,77	91,87	92,00	92,07	92,17	92,17	92,29	92,53	92,97
22	91,01	91,09	91,11	91,21	91,14	91,24	91,24	91,34	91,61	91,64	91,84	91,94	92,07	92,14	92,24	92,24	92,36	92,60	93,04
21	91,07	91,15	91,17	91,27	91,20	91,30	91,30	91,40	91,67	91,70	91,90	92,00	92,13	92,20	92,30	92,30	92,42	92,66	93,10
20	91,14	91,22	91,24	91,34	91,27	91,37	91,37	91,47	91,74	91,77	91,97	92,07	92,20	92,27	92,37	92,37	92,49	92,73	93,17
19	91,21	91,29	91,31	91,41	91,34	91,44	91,44	91,54	91,81	91,84	92,04	92,14	92,27	92,34	92,44	92,44	92,56	92,80	93,24
18	91,27	91,35	91,37	91,47	91,40	81,50	91,50	91,60	91,87	91,90	92,10	92,20	92,33	92,40	92,50	92,50	92,62	92,86	93,30
17	91,34	91,42	91,44	91,54	91,47	91,57	91,57	91,67	91,94	91,97	92,17	92,27	92,40	92,47	92,57	92,57	92,69	92,93	93,37
16	91,41	91,49	91,51	91,61	91,54	91,64	91,64	91,74	92,01	92,04	92,24	92,34	92,47	92,54	92,64	92,64	92,76	93,00	93,44
15	91,47	91,55	91,57	91,67	91,60	91,70	91,70	91,80	92,07	92,10	92,30	92,40	92,53	92,60	92,70	92,70	92,82	93,06	93,50
14	91,54	91,62	91,64	91,74	91,67	91,77	91,77	91,87	92,14	92,17	92,37	92,47	92,60	92,67	92,77	92,77	92,89	93,13	93,57
13	91,61	91,69	91,71	91,81	91,74	91,84	91,84	91,04	92,21	92,24	92,44	92,54	92,67	92,74	92,84	92,84	92,96	93,20	93,64
12	91,67	91,75	91,77	91,87	91,80	91,90	91,90	92,00	92,27	92,30	92,50	92,60	92,73	92,80	92,90	92,90	93,02	93,26	93,70
11	91,74	91,82	91,84	91,94	91,87	91,97	91,97	92,07	92,34	92,37	92,57	92,67	92,80	92,87	92,97	92,97	93,09	93,33	93,77
10	91,81	91,89	91,91	92,01	91,94	92,04	92,04	92,14	92,41	92,44	92,64	92,74	92,87	92,94	93,04	93,04	93,16	93,40	93,84
9	91,87	91,95	91,97	92,07	92,00	92,10	92,10	92,20	92,47	92,50	92,70	92,80	92,93	93,00	93,10	93,10	93,22	93,46	93,90
8	91,94	92,02	92,04	91,14	93,07	92,17	92,17	92,27	92,54	92,57	92,77	92,87	93,00	93,07	93,17	93,17	93,29	93,53	93,97
7	92,01	92,09	92,11	92,21	92,14	92,24	92,24	92,34	92,61	92,64	92,84	92,94	93,07	93,14	93,24	93,24	93,36	93,60	94,04
6	92,07	92,15	92,17	92,27	92,20	92,30	92,30	92,40	92,67	92,70	92,90	93,00	93,13	93,20	93,30	93,30	93,42	93,66	94,10
5	92,14	92,22	92,24	92,34	»	»	»	92,47	92,74	92,77	92,97	93,07	93,20	93,27	93,37	93,37	93,49	93,73	94,17
4	92,21	92,29	92,31	92,41	»	»	»	92,54	92,81	92,84	93,04	93,14	93,27	93,34	93,44	93,44	93,56	93,80	94,24
3	92,27	92,35	92,37	92,47	»	»	»	92,60	92,87	92,90	93,10	»	93,33	93,40	93,50	93,50	93 62	93,86	94,30
2	»	»	»	»	»	»	»	92,67	92,94	92,97	93,17	»	93,40	93,47	93,57	93,57	93,69	93,93	94,37
1	»	»	»	»	»	»	»	92,74	93,01	93.04	93,24	»	93,47	93,54	93,64	93,64	93,76	94,00	94,44
0	»	»	»	»	»	»	»	92,80	93,07	93,10	93,30	»	93,53	93,60	93,70	93,70	93,82	94,06	94,50
—1	»	»	»	»	»	»	»	92,87	93,14	»	»	»	93,60	93.67	93,77	93,77	93,89	»	94,57
—2	»	»	»	»	»	»	»	92,94	93,21	»	»	»	93,67	93,74	93,84	93,84	93,96	»	94,64
—3	»	»	»	»	»	»	»	93,00	93,27	»	»	»	93,73	93,80	93,90	93,90	94,02	»	94,70
—4	»	»	»	»	»	»	»	93,07	93,34	»	»	»	93,80	»	93,97	93,97	94,09	»	94,77
—5	»	»	»	»	»	»	»	93,14	93,41	»	»	»	»	»	94,04	94,04	94,16	»	94,84

plus élevé. Ainsi, si l'on mélange deux sortes de tourteaux, œillette et lin, à coup sûr l'huile qui en proviendra sera ajoutée à celle d'œillette rousse pour fabrique, souvent d'un prix plus élevé que celle de lin.

On n'a pas à craindre l'introduction des huiles d'olive comestibles dans les huiles communes d'un prix moindre; mais on mélange les huiles d'olive pour la bouche avec celles de sésame, d'œillette ou d'arachide.

Les huiles communes d'olive, destinées pour fabrique, sont falsifiées avec celles de sésame, de colza, d'arachide, d'œillette; mais c'est particulièrement avec l'huile de sésame que sont mélangées celles qui arrivent du Levant à Marseille.

Les huiles de chènevis, presque toujours à des prix plus élevés que les huiles de lin, sont ordinairement fraudées avec ces dernières.

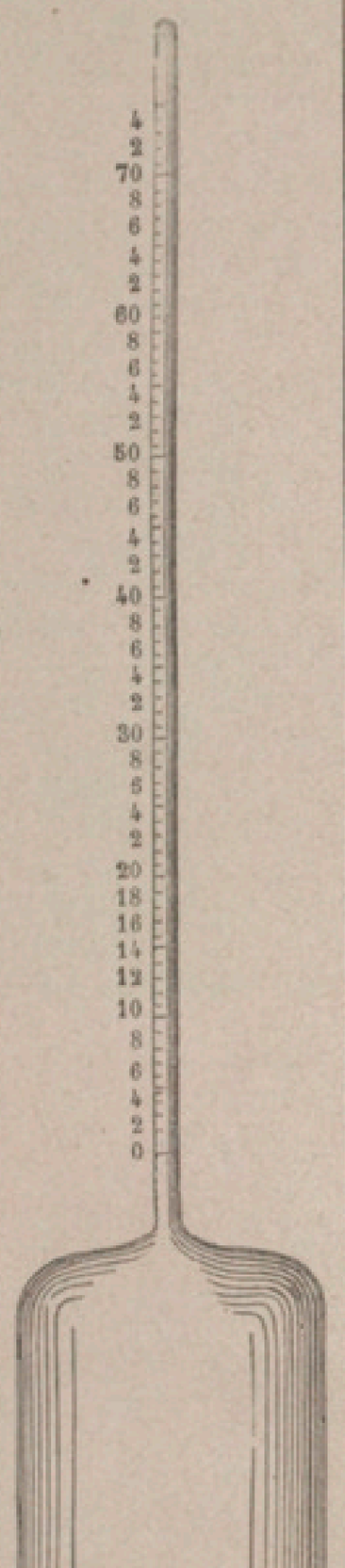
Mais il est à remarquer que beaucoup de ces mélanges ne peuvent durer que très peu de jours, lorsque les huiles sont laissées en repos. M. Lefebvre a reconnu qu'il se passe dans ces mélanges le même phénomène que dans les bains d'alliages; les plus lourdes ne tardent pas à se déposer presque complétement. Ainsi un mélange d'acide oléique avec toute autre huile de graines ne tiendra pas deux jours, parce que l'huile pesante va prendre sa place au fond du vase, et celle qui est légère reste au-dessus.

L'huile d'œillette, mélangée à l'olive, tombera au fond du vase en moins de huit jours de repos.

L'huile de baleine, mélangée aux huiles de colza, même aux colzas épurés, se dépose en huit jours. Ainsi, lorsqu'un épicier met un baril au détail et y place un robinet, en supposant que le baril soit un mois à être débité, il aura vendu dans les premiers quinze jours toute l'huile de baleine, même celle placée au-dessous du robinet, et les derniers quinze jours, l'huile de colza à peu près pure. Cette circonstance explique pourquoi il arrive souvent qu'une huile prise au même baril, brûle tantôt mal et tantôt bien.

Dans les piles d'huile, le repos est beaucoup plus remarquable. En supposant qu'une pile soit annoncée comme huile d'œillette pure, si cette huile a été mélangée d'huile de lin, cette dernière se séparera pour aller au fond, alors même qu'elle aurait été clarifiée, purifiée ou blanchie; sa densité, toujours plus forte, la fera infailliblement tomber.

III. *Élaïomètre de M. Gobley.* Cet instrument, comme nous l'avons déjà dit, sert seulement à



2.

rechercher l'huile d'œillette dans les huiles d'olive et d'amandes douces.

C'est un aréromètre dont la boule, qui a une assez grande ampleur, est surmontée d'une tige mince, afin qu'elle ait une très grande sensibilité (fig. 2). Il est construit de telle manière, qu'à la température de + 12°5 centigr., température ordinaire des cuves à huiles, il s'affleure à 0° dans l'huile d'œillette pure, qui est la plus dense, et à 50° dans l'huile d'olive pure, qui est la plus légère. L'intervalle entre 0 et 50 est divisé en cinquante parties égales. Le zéro est placé au bas de la tige et le 50 à la partie supérieure.

Lorsque l'élaïomètre est plongé, à la température de + 12°5, dans une huile d'olive pure, il s'arrête à 50°; pour peu qu'elle renferme d'huile d'œillette, il s'enfonce moins, et d'autant moins que la proportion d'huile étrangère est plus considérable. C'est ce qu'on voit par le tableau suivant :

L'huile d'olive pure marque 50° à l'élaïomètre.

L'huile d'olive	contenant :			
2 p. 100	d'huile d'œillette	marque	49°	à l'élaïomètre.
4	—	—	48°	—
6	—	—	47°	—
8	—	—	46°	—
10	—	—	45°	—
12	—	—	44°	—
14	—	—	43°	—
16	—	—	42°	—
18	—	—	41°	—
20	—	—	40°	—
22	—	—	39°	—
24	—	—	38°	—
26	—	—	37°	—
28	—	—	36°	—
30	—	—	35°	—
32	—	—	34°	—
34	—	—	33°	—
36		—	32°	—
38	—	—	31°	—
40	—	—	30°	—
42	—	—	29°	—
44	—	—	28°	—
46	—	—	27°	—
48	—	—	26°	—
50	—	—	25°	—
52	—	—	24°	—
54	—	—	23°	—
56	—	—	22°	—
58	—	—	21°	—
60	—	—	20°	—
62	—	—	19°	—
64	—	—	18°	—
66	—	—	17°	—
68	—	—	16°	—
70	—	—	15°	—
72	—	—	14°	—
74	—	—	13°	—
76	—	—	12°	—
78	—	—	11°	—
80	—	—	10°	—
82	—	—	9°	—
84	—	—	8°	—
86	—	—	7°	—
88	—	—	6°	—
90	—	—	5°	—
92	—	—	4°	—
94	—	—	3°	—
96	—	—	2°	—
98	—	—	1°	—
L'huile d'œillette pure marque			0°	—

On voit, d'après cela, que le degré indiqué par l'élaïomètre doit être multiplié par 2 pour connaître en centièmes la proportion de l'huile d'œillette.

Soit 25° trouvés pour une huile d'olive, on dit :

$$25 \times 2 = 50,$$

c'est-à-dire que l'huile essayée contient 50 p. 100 d'huile étrangère.

Lorsque la température, au moment où l'on opère, est supérieure à + 12°5, il faut faire une correction d'après ce principe, constaté par M. Gobley, que les huiles d'olive et d'œillette se dilatent de 3°6 par chaque degré de l'échelle centigrade. On déduit donc du degré trouvé à l'élaïomètre 3°6 autant de fois qu'il y a de degrés entre + 12°5 et la température à laquelle on opère.

Soit, par exemple, de l'huile d'olive marquant 63°5, à la température de + 16°25 : on diminuera 3°6 multiplié par 3,75, ou 13°5 du nombre 63°5 :

$$63°5 - (3°6 \times 3,75) = 50.$$

Mais si, au lieu de marquer 63°5, l'huile essayée marquait 54°5, on obtiendrait alors 41 :

$$54°5 - (3°6 \times 3,75) = 41.$$

On serait certain, dans ce cas, que l'huile a été mélangée, et en se reportant au tableau, ou multipliant par 2 le nombre 9, qui est la différence entre 41 et 50, on reconnaîtrait que l'huile en question contient 18 p. 100 d'huile d'œillette.

Lorsque la température de l'huile, au moment de l'expérience, est inférieure à + 12°5, il faut alors ajouter au degré trouvé autant de fois 3°6 qu'il y a de degrés de température en moins.

Il se présente dans l'essai une difficulté pour les huiles d'olive obtenues par fermentation. Ces huiles marquent de 54 à 56° à l'élaïomètre, de sorte qu'on pourrait leur ajouter de l'huile d'œillette de manière à amener leur densité à celle de l'huile d'olive de bonne qualité. Mais les huiles d'olive obtenues par fermentation ont une saveur désagréable que l'addition de l'huile blanche ne fait qu'augmenter. Il faut donc toujours goûter l'huile d'olive avant de l'essayer, et la rejeter si elle présente un arrrière-goût de moisi, d'huile chauffée, ou si elle laisse à la gorge un sentiment d'âcreté, car l'huile d'olive pure possède une saveur douce qui n'est nullement désagréable.

Un autre inconvénient de l'élaïomètre, c'est qu'il peut faire envisager une huile d'olive comme fraudée par l'huile blanche, alors qu'elle n'en contient pas ; il suffit qu'elle soit rance pour peser davantage ; dans ce cas, elle indique à l'élaïomètre un degré inférieur à 50°. Il faut donc encore, en raison de cette circonstance, s'assurer par le goût et par un papier humide de tournesol que l'huile n'a pas d'acidité.

L'huile d'amandes douces livrée par le commerce est souvent mêlée d'huile d'œillette, et quelquefois elle en contient plus de la moitié de son poids. Dans ce cas, la couleur blanche, la fluidité, l'odeur et la saveur particulière que lui communique l'huile blanche font facilement reconnaître la présence de celle-ci ; mais il n'en est pas de même lorsque la proportion d'huile blanche est peu considérable ; cette fraude devient alors très difficile à constater. On peut y arriver, toutefois, à l'aide de l'élaïomètre.

M. Gobley a constaté que l'huile d'amandes douces pure et récente marque à l'élaïomètre 38° à + 12°5
mélangée de 25 p. 100 d'huile d'œillette 28°5 —
— 50 — — 19° —

Comme cette huile se dilate de 3°6 pour chaque degré de l'échelle centigrade, on corrige le degré apparent de la même manière que pour l'huile d'olive, lorsqu'on opère au-dessus ou au-dessous de + 12°5.

Lorsque l'huile d'amandes douces est ancienne, elle marque au-dessous de 38°. Il suffit de la goûter avant tout essai, et de la rejeter si elle laisse à la gorge un sentiment d'âcreté.

Précautions à observer dans l'emploi des oléomètres. Toutes les fois qu'on fait usage d'un oléomètre, quel qu'il soit, il y a certaines précautions à observer afin d'arriver à la plus grande exactitude possible. Ainsi :

1° Comme les huiles sont des liquides très dilatables par la chaleur, et que les oléomètres sont très sensibles, il faut apporter la plus grande attention dans l'examen de la température et dans l'examen du degré que donne l'instrument, autrement on serait facilement induit en erreur ;

2° Il faut que la tige de l'instrument soit mouillée d'huile ; aussi lorsqu'on l'introduit dans cette dernière, on doit avoir le soin de le plonger jusqu'au bas de la tige, de le retirer et de le plonger de nouveau ; alors on le laisse s'enfoncer de lui-même, et on veille à ce qu'il occupe le centre et qu'il ne touche pas les parois de l'éprouvette à pied dans laquelle on fait l'essai ;

3° Pour vaincre la résistance de l'huile, il convient, lorsque l'instrument a cessé de descendre, de le faire plonger d'un degré seulement, en appuyant légèrement avec le doigt sur l'extrémité de la tige ; s'il reste à ce degré sans remonter, on le fait plonger d'un second degré ; alors il remonte ;

4° Quand l'instrument est bien fixé à son point d'affleurement, on regarde le degré qu'il marque ; mais il faut lire, non pas le degré qui se trouve au sommet de la courbe que forme le liquide contre la paroi de l'instrument, mais au-dessous, au niveau réel du liquide ;

5° L'instrument doit être essuyé avec soin après chaque opération, sans quoi les matières qui resteraient à sa surface, augmentant son poids, le rendraient moins juste, inconvénient d'autant plus marqué que l'instrument est par lui-même très sensible. Le linge dont on se sert doit être fin et souple, car si l'on se servait d'une grosse toile on essuierait mal l'instrument, et on s'exposerait même à le casser ;

6° L'huile doit être versée dans l'éprouvette à pied de manière à ne pas former de bulles, qui empêcheraient de voir nettement le point d'affleurement. Il faut, pour cela, incliner légèrement l'éprouvette et verser doucement l'huile sur sa paroi même ;

7° Quant aux thermomètres à employer, il est absolument indispensable d'en apprécier la justesse avant d'en faire usage ; il suffit, pour cela, de les plonger dans la glace fondante ; ils doivent marquer zéro.

J. GIRARDIN, de Rouen.

OLIVIER. L'olivier est un arbre ne pouvant mûrir que dans l'extrême midi de la France, encore ne prend-il pas un développement comparable à celui qu'il prend en Orient, et les gelées viennent de temps à autre causer des pertes considérables. Apporté en Provence par les Phocéens, lors de la fondation de Marseille, il a produit un assez grand nombre de variétés qui se distinguent par l'aspect des fruits et surtout la qualité comestible des huiles qu'on en retire.

Voici les principales variétés :

1° *Olivier sauvage*, dû à la dissémination des graines des variétés cultivées, sert à greffer ces derniers ;

2° *Olivier à petit fruit panaché*, mûrit tard et fournit de très bonne huile ;

3° *Olivier à fruit blanc*, mûrit tard ;

4° *Olivier à petit fruit long*, *olivier pécholin*, fruits à confire ;

5° *Olivier pleureur*, *olivier de Grasse*, très fécond, très bonne huile ;

6° *Olivier à bec*, tirant son nom de la forme de son fruit, qui donne une huile abondante et très fine ;

7° *Olivier caillet blanc*, qui fournit beaucoup d'huile et dont la récolte manque rarement ;

8° *Olivier royal*, dont la récolte est assez régulière mais peu productive ;

9° *Olivier à fruit arrondi*, ses fruits sont plus gros que les autres, et l'huile est de première qualité ;

40° *Olivier à fruit doux*, donne des fruits mangeables sans être confits.

L'olivier se multiplie par semis, pour boutures et surtout par greffes. Il faut attendre vingt-cinq ans les arbres provenant de noyau, pour obtenir une récolte satisfaisante. Les oliviers doivent être plantés à 8 mètres de distance environ les uns des autres. Ils doivent (en France au moins, car dans l'Orient et certaines parties de l'Italie ces soins ne sont pas nécessaire) être élagués avec soin, de manière que toutes les parties de la tête de l'arbre conservent une égale vigueur. On les laboure au printemps et à l'automne.

Quant aux engrais, les plus chauds doivent être préférés; la fiente de pigeons et les crottins de brebis peuvent être employés dans tous les terrains; les excréments humains conviennent mieux que toute autre espèce d'engrais dans les terrains sablonneux et caillouteux. Des engrais abondants augmentent sans doute la fertilité de l'arbre, mais la qualité de l'huile n'y gagne pas.

Les olives ont terminé leur maturité vers la fin de novembre. C'est le moment de les récolter lorsqu'on les destine à l'extraction de l'huile. Celles qu'on veut confire doivent être récoltées avant leur maturité complète, c'est-à-dire au commencement d'octobre. La récolte se fait soit en détachant les fruits à la main, soit en frappant sur les branches avec des gaules légères, procédé qui mutile les arbres.

Pour extraire l'huile des olives on les broie d'abord; par une première pressée à froid, on obtient les huiles dites huiles vierges, servant pour la table; la seconde pressée se fait à chaud, les huiles qui en résultent sont employées à la fabrication du savon, au travail des laines, etc.

Nous donnons dans le tableau suivant, non-seulement pour les olives mais encore pour les diverses graines oléagineuses, le rendement en huiles et en tourteaux.

NOMS DES GRAINES OLÉAGINEUSES.	Poids de l'hectolitre de graine.	Produit en litres d'un hectol. de graine.	Produit en tourteaux d'un hect. de graine.	Nombre d'hectol. de graine pour un h. d'huile.	Pesanteur spécifique de l'huile à 15° c.	Température à laquelle l'huile se congèle.
	kilogr.	litres.	kilogr.			
Colza d'hiver (*brassica campestris*).	56 à 70	25 à 38	37	3,50	0,9136	6°
Id. d'été *Id.*	54 à 65	21 à 25	37	4 à 4,50	0,9136	6°
Navette (*brassica rapa et napis*). . .	55 à 68	23 à 26	40 à 42	4 à 4,75	0,9128	3°75
Caméline (*miagrum sativum*). . . .	53 à 60	20 à 24	42,4	4,50	0,9252	18°
Madia sativa.	40 à 50	12 à 15	35,9	8,20	»	»
OEillette (*papaver somniferum*). . .	54 à 62	22 à 25	62	4,55	0,9249	18°
Faîne (*fagus sativa*).	42 à 50	12 à 15	»	10	0,9225	17°50
Chènevis (*canabis sativa*).	38 à 47	11 à 13	40	9,20	0,9276	27°50
Lin.	67	10 à 12	48	10	0,9395	27°50
Noix (*juglas regia*).	par 100 k.	46 à 50	»	»	0,9283	27°50
Amandes *amygdalus communis*. .	par 100 k.	44 à 48	»	»	0,917 à 0,920	10°
Olives.	par 100 k.	10 à 12	»	»	0,9192 (à 12° c.)	4° ou 5°

OLIVES. Voyez HUILE.

OOLITE. Voyez CALCAIRE et GÉOLOGIE.

OPIUM. L'opium est un suc épaissi que l'on retire du pavot blanc, *papaver somniferum album*, plante principalement cultivée dans tout l'Orient, l'Inde, etc. Le mode d'extraction de l'opium n'est pas bien connu. D'après des voyageurs dignes de foi, l'opium dont on fait le plus de cas chez les Orientaux, est celui qu'on obtient par incision des capsules mêmes du pavot. On les exploite alors un peu avant qu'elles jaunissent, en y pratiquant des incisions peu profondes, d'où l'on voit découler un suc laiteux et épais, d'une odeur vireuse et d'une saveur amère, qui se colore et acquiert de plus en plus de consistance par son contact avec l'air, et qui, après dix à douze heures, est entièrement solidifié. On enlève cette première récolte, et l'on procède à de nouvelles incisions jusqu'à ce qu'on ait épuisé toute la périphérie des capsules; on obtient ainsi la première qualité d'opium. Aussitôt que l'exploitation des capsules est terminée, on récolte les tiges, on les pile avec les capsules, et l'on en extrait le suc, qu'on met à part, puis on délaie le marc dans une certaine quantité d'eau et on en fait une décoction, qu'on passe au travers d'un tissu serré et qu'on évapore ensuite avec ménagement. Lorsque la décoction est réduite au tiers environ, on y ajoute le suc obtenu par expression, et l'on fait évaporer de nouveau jusqu'à ce qu'on ait atteint la consistance d'extrait, et c'est alors seulement qu'on y incorpore une certaine quantité de l'extrait naturel qui provient des incisions des capsules, afin de lui donner cette odeur vireuse qui forme un des caractères essentiels du bon opium. On forme avec l'extrait ainsi préparé de petites masses arrondies, qu'on saupoudre avec des feuilles de pavot grossièrement pilées, ou avec des débris de quelques autres végétaux, et principalement des semences de rumex, dont on incorpore même quelquefois une assez grande quantité dans la masse; enfin, on achève la dessiccation de cet extrait au soleil.

On doit choisir l'opium en petites masses bien sèches, d'une cassure nette et homogène, d'une couleur brune rougeâtre et d'une odeur vireuse sans mélange d'empyreume. Lorsqu'il est de bonne qualité, il se ramollit facilement en le pressant entre les doigts; il est susceptible de s'enflammer par l'approche d'une lumière. Pour s'assurer de sa qualité, il convient toujours de déterminer, par expérience, la proportion de matières solubles qu'il renferme.

On trouve principalement dans le commerce trois sortes d'opium : l'opium de Smyrne, l'opium d'Égypte et l'opium de Constantinople. L'Inde fournit une très grande quantité d'opium qui est consommée dans le pays, en Chine, etc. L'opium de Smyrne, qui est le plus estimé, se trouve en masses presque toujours déformées et aplaties, et recouvertes de semences de rumex; il est mou et d'un brun clair, mais il noircit et se durcit à l'air. Il a une odeur forte, vireuse; sa saveur est âcre et suivie d'amertume. L'opium d'Égypte est en pains orbiculaires aplatis, larges de 7 à 8 centimètres; ces pains sont réguliers, très nets à l'extérieur. Ils ont une couleur rousse permanente, une odeur moins forte que l'opium de Smyrne, et se ramollissent à l'air au lieu de sécher, ce qui leur donne un extérieur luisant et un peu poisseux sous les doigts. L'opium de Constantinople forme deux sortes : l'une, en pains volumineux analogues à l'opium de Smyrne; l'autre, analogue à l'opium d'Egypte, en petits pains aplatis assez réguliers, de 5 à 6 centimètres de diamètre, toujours recouverts d'une feuille de pavot dont la nervure médiane partage le pain en deux parties.

L'opium est très employé en médecine comme cal-

mant, et il forme la base fondamentale de tous les remèdes anti-spasmodiques. On en importe annuellement en France 10.000 kilogr. au prix moyen de 30 à 32 fr. le kilogr.

L'opium a une composition très complexe. Il renferme plusieurs bases alcalines végétales, la morphine, la narcotine, la codéine, etc., qui y sont saturées par l'acide méconique. Lorsqu'on fait bouillir avec de la magnésie son infusion, qui est fortement colorée en brun, il se forme du méconate de magnésie, et les bases organiques, la morphine, etc., se précipitent. On lave le précipité à l'eau froide, on reprend par l'alcool à chaud, qui ne dissout que la morphine et la narcotine, et on fait cristalliser à plusieurs reprises, en se servant de noir animal pour activer la décoloration. En dissolvant dans l'acide acétique la morphine mélangée de narcotine, que l'on obtient ainsi, on a l'acétate de morphine habituellement employé en médecine. Si on fait bouillir longtemps cet acétate, celui du narcotine se décompose, l'acide se volatilise et la base se précipite ; on obtient ainsi de l'acétate de morphine pur. Les sels de morphine sont des narcotiques très énergiques ; leur meilleur contre-poison sont des infusions de café ou de tannin. On les reconnaît à ce qu'ils donnent une coloration rouge très intense avec l'acide nitrique, et une coloration bleue avec les sels de peroxyde de fer.

OR (*angl.* et *all.* gold). L'or est un métal connu dès la plus haute antiquité. Sa beauté, son inaltérabilité, sa rareté et sa grande ductilité, l'ont fait adopter comme le premier et le plus cher des métaux que l'on soumet au monnayage. Il est d'un beau jaune un peu rougeâtre. Lorsqu'il est réduit en feuilles très minces, il devient vert par transmission et rouge par réflexion. C'est à l'or métallique très divisé que les verres dits rubis de Bohême doivent leur belle coloration rouge. Il n'a ni odeur, ni saveur ; il est plus mou que l'argent. C'est le plus malléable et le plus ductile de tous les métaux : ainsi, on peut le réduire en feuilles de un dix millionième de mètre d'épaisseur, et couvrir avec un gramme de ce métal un fil d'argent de 200.000 mètres de longueur. Sous le rapport de la ténacité, il exige pour se rompre une charge de 21^{k},64 par centimètre carré. De 0° à 100°, il se dilate de 0,0014661 ou 1/682e en longueur. Sa densité = 19,258 lorsqu'il a été simplement fondu, et 19,367 lorsqu'il a été fortement écroui. Il fond à 32° du pyromètre de Wedgwood, et est sensiblement fixe à la température de nos fourneaux. Il se volatilise et brûle avec une flamme verte, quand on l'expose en feuilles excessivement minces ou en fils très déliés, à l'action d'une forte batterie électrique ou d'une pile voltaïque très puissante.

L'or ne décompose jamais l'eau, même en présence des acides. Les acides sulfurique, hydrochlorique, nitrique, ne l'attaquent pas. L'eau régale le dissout facilement. Les alcalis et le nitre ne l'attaquent, ni par voie humide, ni par voie sèche. Le soufre et l'hydrogène sulfuré ne peuvent l'attaquer, mais les persulfures alcalins le dissolvent. Le chlore, le phosphore et l'arsenic, se combinent directement avec lui à l'aide de la chaleur.

L'or est susceptible de former un grand nombre d'alliages, dont deux se trouvent dans la nature, ceux avec l'argent et le rhodium ; parmi ces alliages nous citerons les suivants : l'alliage avec le cuivre, dont les différentes proportions constituent les alliages monétaires et ceux employés dans la bijouterie ; les alliages avec l'argent, qui tirent sur le vert, et dont l'un, composé de 7 parties d'or et de 3 p. d'argent, est employé dans la bijouterie sous le nom d'*or vert ;* l'alliage gris, composé de 5 à 6 parties d'or pour 1 partie de fer, qui est connu dans la bijouterie sous le nom d'*or gris* ; et enfin l'alliage avec le mercure ou amalgame d'or, qui est employé pour la dorure au feu.

Oxydes d'or. Les oxydes d'or sont complétement réduits par la chaleur rouge. On en connaît deux.

Le *protoxyde* est d'un vert foncé ; il se décompose spontanément en or métallique et en peroxyde. Il renferme :

Or. . . .	0,9613	$Au^2 O$
Oxygène. . .	0,0387	

On l'obtient en décomposant à froid le protochlorure par un alcali fixe en dissolution un peu étendue.

Le *peroxyde* ou *acide aurique* est noir ; son hydrate est d'un jaune-rougeâtre. Mis en digestion avec l'ammoniaque, il donne naissance à un composé très fulminant qui est probablement un azoture d'or. Il se compose de :

Or.	0,8923	$Au^2 O^3$
Oxygène. . .	0,1077	

On le prépare en chauffant une dissolution de perchlorure d'or avec un excès de magnésie ou d'oxyde de zinc, puis lavant le dépôt avec de l'acide nitrique qui décompose l'aurate formé. Quand on emploie l'acide concentré, l'on a le peroxyde anhydre ; quand l'acide est étendu, l'on obtient l'hydrate.

Sels d'or.

Tous les sels d'or sont solubles dans l'eau régale. Le protosulfate de fer et l'acide oxalique précipitent l'or à l'état métallique, de cette dissolution. Le protochlorure d'étain, mélangé d'une certaine quantité de deutochlorure et en dissolution étendue, y donne naissance à un précipité d'un beau rouge pourpre (*pourpre de Cassius*), qui paraît être un mélange de deutoxyde d'étain et d'or métallique dans un état de division extrême. Les principaux sels d'or sont les suivants :

Le *persulfure*, qui est floconneux, d'un jaune brun foncé, et qui forme des sulfures doubles solubles avec les sulfures alcalins.

Les *tellurures*, qui se trouvent dans la nature.

Le *protochlorure*, qui est d'un jaune pâle, très peu stable, et qui s'obtient en chauffant le perchlorure à 200° environ, jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de chlore, puis lavant avec un peu d'eau froide pour séparer le perchlorure non décomposé.

Le *perchlorure*, qui est d'un rouge-brun très foncé, incristallisable, très soluble dans l'eau et l'alcool. Il se combine avec l'acide hydrochlorique en donnant un sel acide d'un beau jaune d'or qui cristallise aisément. Il a également une grande tendance à former des sels doubles ou chloro-aurates.

Et enfin le *cyanure*, qui est actuellement très employé dans les nouveaux procédés de DORURE, à l'état d'auro-cyanure alcalin.

Minerais.

Les minerais d'or sont peu nombreux ; ils se réduisent à l'or natif ou allié de rhodium, et aux tellurures.

L'*or natif* se présente tantôt en cristaux appartenant au système régulier, tantôt en dendrites et paillettes, ou en grains irréguliers ; lorsque les morceaux atteignent une certaine grosseur, on leur donne le nom de *pépites*. Sa couleur varie du jaune d'or au jaune de laiton. Il est presque toujours allié à une quantité variable d'argent ; lorsque l'alliage naturel est tel qu'il renferme environ 2 parties d'or pour 1 partie d'argent, il prend le nom d'*électrum*. On trouve quelquefois, au Mexique, des alliages d'or et de rhodium ayant la couleur de l'or, et contenant des proportions très variables de rhodium, dont la moyenne est de 0,34.

L'or natif se trouve le plus souvent dans des terrains de transports anciens, dits *alluvions aurifères*, formés en général de fragments et de cailloux roulés quarzeux, liés entre eux par un ciment argilo-ferrugineux très sableux, et dans lesquels on rencontre accidentellement des débris de roches primitives, du fer oxydulé magné-

tique, du fer titané, et souvent aussi des minerais de platine et des diamants. On exploite des dépôts immenses de cette nature en Californie, en Australie, au Brésil, au Chili, dans les monts Ourals et l'Altaï, en Afrique, etc. Un grand nombre de rivières roulent des paillettes d'or. L'or natif existe aussi en filons dans les terrains anciens, tantôt pur avec gangue de quartz, tantôt disséminé en très-petite quantité, et comme accidentellement, dans d'autres minerais métalliques, qui sont le plus souvent des pyrites de fer ou de cuivre, du sulfure d'antimoine ou des minerais d'argent.

Les *tellurures aurifères* ne se trouvent que dans quelques mines des environs de Nagy-Ag, en Transylvanie, dans des filons irréguliers qui traversent la grauwacke et les terrains porphyriques dans toutes sortes de directions. Ils sont accompagnés d'or natif et de minerais d'argent et de cuivre.

Ces minerais sont au nombre de quatre:

1° Le *tellure natif*, qui renferme 0,0025 d'or, se trouve en petites masses irrégulièrement lamelleuses ou à structure grenue, ayant un éclat métallique très-brillant, et une couleur passant du gris de plomb au gris d'acier; sa densité = 5,7 — 6,1: il est rayé par la chaux carbonatée. Très-fusible au chalumeau, il se volatilise sans résidu. Il est soluble dans l'acide nitrique sans résidu.

2° Le tellurure auro-argentifère renferme 0,30 d'or et 0,10 d'argent, est toujours à l'état cristallin, et est composé de prismes déliés qui se groupent ensemble de manière à simuler jusqu'à un certain point des caractères hébraïques, disposition qui lui a fait donner le nom d'*or graphique*. Du reste, les autres caractères physiques sont à peu près les mêmes que ceux du tellure natif. Au chalumeau, il fond et laisse pour résidu un bouton métallique d'un jaune clair;

3° Le tellurure auro-plombifère ou *tellure gris* est lamelleux et d'un gris prononcé avec un reflet jaunâtre clair; il renferme environ 0,26 d'or et 0,14 d'argent;

4° Le tellurure plombo-aurifère ou *tellure feuilleté* est très-lamelleux, d'un gris de plomb assez foncé et d'un éclat métallique très-clair; il est rayé par la chaux sulfatée; il renferme de 0,08 à 0,09 d'or.

Essai des matières aurifères.

Voyez ESSAIS.

Traitement des minerais d'or.

Les minerais d'or les plus exploités sont les alluvions aurifères, qui sont les plus répandues, et consistent en paillettes d'or natif que l'on sépare mécaniquement par le lavage des sables et minéraux qui s'y trouvent mélangés. Les appareils de lavage varient suivant chaque pays: en Russie, où l'on traite de cette manière des sables d'alluvion ayant une teneur moyenne en or de 0,0000026, tantôt on emploie des tables à toiles, tantôt des tables dormantes ordinaires, tantôt on débourbe d'abord et on classe les sables au moyen de patouillets et de cribles, puis on les lave dans des auges inclinées demi-cylindriques au moyen d'un grand nombre de balais fixés à un axe parallèle à celui de l'auge, et qui est animé d'un mouvement oscillatoire de 30 à 40°. On sèche le schlich riche obtenu, et on en sépare les fers titané et oxydulé magnétiques au moyen du barreau aimanté.

Lorsque l'or natif est disséminé en particules pour ainsi dire indiscernables à l'œil nu, comme c'est le cas pour les pyrites aurifères, on peut griller celles-ci et les soumettre ensuite au lavage comme ci-dessus, ou bien les pulvériser très-finement et les amalgamer à l'état cru. C'est ce dernier procédé que l'on emploie dans plusieurs endroits du Piémont pour le traitement des pyrites aurifères.

Dans le Tyrol, où les minerais pyriteux renferment de 0,000006 à 0,000015 d'or et des minerais d'argent, on fait tourner dans des moulins, avec du mercure, le minerai bocardé très-fin, immédiatement après sa sortie du bocard et avant son dépôt dans les labyrinthes. Le moulin d'amalgamation est formé d'une partie fixe en fonte et d'une partie mobile en bois. La caisse en fonte présente deux cylindres concentriques de rayon égal réunis par un plan incliné. Au centre est un tube creux dans lequel passe l'axe moteur qui est vertical. La meule de bois a extérieurement la forme de la caisse en fonte; elle est évidée intérieurement à peu près en cône; elle est reliée par des cercles de fer et présente sur sa base de petites lames de fer saillantes disposées symétriquement: partout, entre la caisse en fonte et la meule en bois, il existe un vide de $0^m,02$. Trois tiges de fer fixées à la meule en bois se rattachent à un triangle percé à son centre, et s'appliquent sur le rebord d'une pièce qui s'enfile sur l'axe moteur lequel est carré à son extrémité; cette pièce repose sur d'autres pièces qui permettent, par leur nombre et leur épaisseur, de faire varier la position de la meule. La meule en bois fait de 15 à 20 tours par minute. On met dans chaque moulin 25^k de mercure, et les lames de fer saillantes de la meule pénètrent de $0^m,005$ dans ce mercure. Le minerai réduit en particules très-fines sous les pilons du bocard est entraîné par l'eau, tombe dans le cône central de la meule, traverse le mercure, remonte dans l'espace entre les deux meules, et sort par une ouverture pratiquée dans la caisse de fonte, à l'opposition de son entrée. Comme, en général, la matière n'est pas encore dépouillée de tout l'or qu'elle contient, elle passe dans un second moulin semblable, placé à un étage inférieur, et quelquefois même dans un troisième moulin. L'eau trouble se rend ensuite dans les labyrinthes; les dépôts sont lavés et donnent des schlichs qui sont traités par fusion comme minerais d'argent. Après quatre semaines de travail, le mercure est retiré des moulins, lavé et pressé à travers une peau de chamois. Le mercure qui passe est employé de nouveau. L'amalgame solide qui reste sur la peau renferme un tiers d'or et est distillé comme celui d'argent (voyez ARGENT —*amalgamation saxonne*). L'or obtenu est refondu. La perte en or est de 25 pour 100, et on perd 1 de mercure pour 1 d'or obtenu.

La méthode du Tyrol est aussi employée dans la Basse Hongrie pour le traitement des minerais analogues. Cependant quelques usines suivent encore l'ancienne méthode du pays, qui consiste à faire passer l'eau trouble qui sort du bocard sur des planches recouvertes de toiles, avant qu'elle n'entre dans les labyrinthes. Toutes les trois heures on enlève les toiles et on les lave dans une caisse; le dépôt que l'on obtient est enrichi par le lavage d'abord sur une table dormante, puis dans une sébile à la main. Le schlich riche obtenu est amalgamé comme ci-dessus.

Dans la Haute-Hongrie, où l'or natif et les tellurures sont mélangés de minerais de cuivre et d'argent, on traite ces minerais par *imbibition* (voir art. ARGENT); on fond pour matte les minerais pauvres grillés, et on désargente la matte par imbibition. On grille la première matte désargentée et on la fond avec des minerais riches en partie grillés; on désargente également la deuxième matte par imbibition, et, après l'avoir ensuite grillée à un grand nombre de feux, on la fond pour cuivre noir. Ce cuivre noir est argentifère; on le traite par liquation ou par amalgamation, puis on affine les résidus comme il est dit à l'article ARGENT. Le plomb d'œuvre est soumis à la coupellation, et on ajoute pendant l'opération les tellurures très-riches. On obtient un alliage d'or et d'argent qui est soumis à l'affinage, comme il est décrit à l'article AFFINAGE DES MATIÈRES D'OR ET D'ARGENT. L'or ayant moins d'affinité que l'argent pour le soufre, il s'en perd relativement une plus forte propor-

tion dans les scories, dans le traitement ordinaire pour mattes; aussi le traitement par imbibition doit généralement être préféré pour des minerais d'argent très-aurifères. Enfin, dans beaucoup d'usines à argent, on obtient de l'argent qui renferme 0,03 à 0,005 d'or et même moins; on l'en sépare au moyen de l'acide sulfurique.

Comme un 1/2000e seulement d'antimoine, de plomb ou d'étain, altère très-notablement la ductilité de l'or, on le purifie presque toujours en le fondant et l'agitant, lorsqu'il est fondu, avec une petite quantité de borax et de nitre; les métaux étrangers qu'il peut encore renfermer s'oxydent et viennent former une scorie à la surface du bain. Dans quelques cas un traitement par le chlore est nécessaire.

Production. La production annuelle de l'or était jusque vers 1846 de 125,500k qui, à raison de 3,500 francs le kilog., représentent une valeur de 440 millions environ.

A cette production, devenue si considérable depuis la découverte de l'or en Californie, d'où l'on a retiré, dans ces dernières années, plus de 300 millions d'or, en moyenne, chaque année, il faut encore ajouter celle plus considérable de l'Australie.

Beaucoup de pays montagneux, abandonnés depuis le commencement du monde au lavage des eaux pluviales, donnent lieu, lorsque la colonisation vient les occuper, à des lavages de sables très-productifs. Notre époque a assisté de ce chef à des productions extrêmement considérables, savoir : le lavage des sables de l'Oural qui produit par an 50 à 60 millions de francs, la Californie (depuis 1847) 300 millions, et l'Australie (depuis 1851) plus encore.

La découverte de l'or en Californie par Frémont et les premiers explorateurs américains a fait naître, avec une rapidité inouïe, un centre de commerce sur les côtes du Pacifique. Après avoir exploité le sable des rivières par les ressources du travail individuel, les travailleurs américains surent créer des exploitations sur une grande échelle, multiplièrent les plus puissants moyens pour désagréger et pour laver les sables aurifères.

C'est de 1850 à 1856 que le lavage de l'or déposé dans le lit des rivières a reçu un grand développement; après des opérations destinées à détourner certaines rivières et qui furent suivies de pertes considérables, on abandonna généralement ce travail aux Chinois, qui se contentent d'un modique salaire. C'est aussi vers cette époque que l'on a attaqué, au moyen de canaux amenant l'eau de la montagne à très-grande distance, de puissantes alluvions aurifères, dont l'épaisseur atteignait souvent 80 mètres. Leur teneur moyenne en or a été évaluée à 1 kilogramme de métal par 4 millions de kilogrammes de gravier.

Une des plus belles applications de la science est certainement celle qui a conduit à chercher et à trouver l'or en Australie.

M. Delesse, ingénieur des mines, établit que c'est à Londres que de savants géologues anglais, Sir R. Murchison notamment, déduisirent de la similitude de formation et de direction des montagnes de l'Australie avec celles de l'Oural, la probabilité que l'or devait se trouver dans ce pays; résultat qui mérite de rester dans l'histoire à l'honneur des hommes dévoués aux progrès des sciences. Quant à l'étendue de la région aurifère en Australie, M. Delesse constate que l'or a été trouvé partout, entre Bingara au nord et les montagnes du cap Ottway au sud. C'est un espace de 9 degrés de latitude. Vers le nord, on a aussi trouvé l'or jusqu'au mont Abondance, à Fitz-Roy Downs ; par conséquent, l'or paraît exister du sud au nord, sur une longueur de 12 degrés de latitude; c'est un espace de 1,300 kilomètres. De plus, l'or a été reconnu à l'est jusqu'à Hanging-Rock, c'est-à-dire un peu au-delà du 150e degré de longitude, et à l'ouest jusqu'à Echunga, qui est située près du 139e degré, à 40 kilomètres d'Adélaïde. Par conséquent, l'or paraît exister sur plus de 11 degrés de longitude; c'est environ 1,000 kilomètres. La découverte du premier gisement fut opérée par M. Hargraves, le 3 avril 1851, et à mesure qu'on a marché en avant, la région aurifère s'est étendue sous les pas du mineur comme par enchantement.

Dans cette immense surface de 1,300 kilomètres de long sur environ 1,000 de large, de très-nombreux gîtes ont été découverts. Ce ne sont pas seulement des bancs de gravier ou de sable, c'est souvent aussi l'or au milieu de la roche désagrégée sur place, ce qu'on appelle en Californie les *dry diggings*. C'est enfin la masse même des filons primitifs dans toute leur solidité native qui se présentent avec des quantités d'or telles qu'il est permis de les exploiter avec profit. L'extraction de l'or du sein même des filons de quartz est presque une nouveauté. Jusqu'à la Californie, elle n'avait été tentée que sur des proportions mesquines et avec peu de résultats. En Californie, les entreprenants mineurs des Etats-Unis s'y livrent sur une grande échelle. Il en sera de même en Australie quand la population augmentera.

L'or existe en Australie non-seulement à l'état de poudre très-ténue, mais aussi fréquemment à l'état de grains ou de petites masses appelées pépites. La plus grosse pépite qui ait jamais été découverte, depuis que les hommes exploitent les mines d'or sur tous les points du globe, est celle qui a été trouvée par un naturel au service de M. W. Kerr, à la jonction du Meroo et de la Merinda. Elle pèse 48 kilogr.

Statistique.

Période de 1857-1871 (d'après M. Roswag). La production a été pendant cette période :

	Millions de francs.
Californie	2,241,150
Australie	4,491,275
Russie	1,239,750
Amérique du Sud	693,000
Europe	101,500
Asie	784,000
Afrique	168,000
Total	9,718,675

Soit par année moyenne 747,6 millions, c'est-à-dire bien suffisante pour diminuer notablement la valeur de l'or.

ORCANETTE. On désigne sous ce nom les racines de quelques espèces de borraginées, et particulièrement celle du *lithospermum tinctorium*. La matière colorante de l'orcanette est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, l'éther, l'huile et tous les corps gras, auxquels elle communique une belle couleur rouge. On l'emploie pour colorer des pommades et des onguents, pour donner une couleur rose à des liqueurs de table, et dans quelques opérations de teinture; mais comme cette couleur est peu solide, l'usage en est restreint.

ORFÉVRERIE. Selon un usage trop fréquent dans la langue française, on entend par le mot *orfévrerie* deux choses distinctes : un art tout entier, celui de la fabrication de tous les objets en or, et en même temps les produits de cette fabrication. Les Anglais et les Allemands ont eu soin d'introduire cette distinction dans le langage. On dit, pour désigner l'art, en allemand, *Goldarbeiterkunst ;* en anglais, *goldsmith's trade ;* et pour désigner les objets fabriqués, en allemand, *Goldschmidsarbeit ;* en anglais, *goldsmith's ware*. Une autre confusion a également été faite, dans le langage usuel, relativement à l'emploi du mot orfévre que l'on applique indistinctement au fabricant d'objets en métaux précieux et à celui qui les vend. Enfin le mot orfévre, dont l'étymologie latine, *auri faber*, signifie seulement fabricant d'objets en or, est le nom générique que l'on

ORFÉVRERIE.

donne à quiconque travaille les métaux précieux, l'or, l'argent et le platine, mais surtout l'or et l'argent.

Cette généralité de l'expression, cette diversité de significations nous conduisent à traiter, sous le même titre, un grand nombre de divisions et de subdivisions existant dans une industrie ou plutôt un art dont les moyens d'exécution sont aussi variés que les produits. Rejetant tout ce qui est relatif à la partie commerciale de notre sujet, nous considérerons seulement quatre professions dans l'orfèvrerie.

1° L'*orfèvre proprement dit* est celui qui entreprend la fabrication de la vaisselle, des couverts, des ornements de table ou d'église, des coffrets, des coupes et de tous les gros ouvrages qui servent à l'ameublement, qui sont appliqués *à la décoration des habitations ou des édifices*. On a assez improprement nommé autrefois le fabricant de ces objets *orfèvre grossier*, à cause de la grandeur des pièces qu'il confectionne; cette appellation ne signifiait nullement que ses ouvrages étaient grossièrement exécutés, car ils avaient la délicatesse, le goût et le fini qui ont fait la réputation des œuvres plutôt artistiques qu'industrielles des illustres orfèvres dont la France s'honore avec tant de raison.

2° L'*orfèvre-bijoutier* fabrique tous les bijoux d'or, tels que bracelets, anneaux, colliers, broches, poignées d'épée, tabatières, tous les bijoux en or appliqués plus spécialement à la *décoration des personnes*, même lorsqu'ils sont enrichis de pierres précieuses ou de diamants, lorsqu'ils sont émaillés ou non émaillés.

3° Si l'orfèvre-bijoutier n'emploie pas nécessairement les pierres précieuses dans la confection des objets qui sortent de ses mains, il n'en est pas de même de l'*orfèvre-joaillier*, qui a surtout pour habitude de faire ressortir les vifs reflets, les brillants jets de lumière des pierres taillées par le lapidaire, en les disposant sur ces ornements aux formes si gracieuses et si légères qui parent les têtes et brillent sur les corsages des femmes; ils font ces bouquets, ces couronnes de fleurs, ces grappes de fruits où les tiges sont de l'or et de l'argent, les pétales des brillants, les fruits des saphirs ou des rubis. Ajoutons seulement que dans les ouvrages de bijouterie, on enchâsse plus souvent les pierres de couleur, et dans les ouvrages de joaillerie les diamants et les pierres incolores ou très légèrement colorées.

4° Par suite de l'extension donnée au mot orfèvrerie, on dit aussi bien *orfèvrerie de cuivre* et *orfèvrerie de plaqué* que *orfèvrerie d'or et d'argent*. Le plaqué et l'orfèvrerie de cuivre sont une imitation de l'orfèvrerie proprement dite; nous nous en occuperons en dernier lieu sous le titre d'*orfèvrerie d'imitation*.

Nous allons passer successivement en revue chacune de ces quatre professions, en commençant par la joaillerie dont les moyens d'exécution sont, industriellement parlant, plus simples que ceux de la bijouterie ou de l'orfevrerie proprement dite, mais qui appelle à son aide toute la fantaisie et tout le goût de l'artiste. Auparavant, nous nous ferons un devoir de faire connaître que nous n'aurions pas pu remplir la tâche que nous avions acceptée, de faire l'article ORFÈVRERIE dans le *Dictionnaire des Arts et Manufactures*, si nous n'avions été aidé par les excellents renseignements et les complaisantes explications qu'ont bien voulu nous donner M. Rouvenat et les chefs des ateliers de joaillerie et de bijouterie de l'important établissement qu'il dirige conjointement avec son parent, M. Christofle, et si, d'un autre côté, notre ami, M. Daly, directeur de la *Revue générale de l'architecture*, ne nous avait secouru de ses lumières pour la question d'art.

SECTION I. — DE LA JOAILLERIE.

L'art du joaillier, en tant qu'art distinct, était inconnu des anciens. Jusqu'à l'année 1745, époque du perfectionnement de la taille du diamant, l'orfèvre enchâssait bien les pierres précieuses dans l'or ou l'argent, mais il ne s'agissait, le plus souvent, que de bagues d'évêques, d'objets servant au culte, etc. Agnès Sorel et Anne de Bretagne furent les deux premières femmes qui, en France, se parèrent de pierreries. Sous Louis XIV seulement, la joaillerie acquit une certaine perfection, et les joailliers, sous le nom de *metteurs en œuvre*, furent, sous Louis XV, considérés comme artistes et admis à la jouissance de quelques priviléges. Aujourd'hui, quoique en Angleterre et en Russie on monte assez bien le diamant, la France a presque conquis le monopole de la joaillerie. La légèreté, la grâce et le bon goût des joyaux français les font préférer dans tous les pays du monde aux joyaux mis en œuvre ailleurs que dans notre pays. Nul ouvrier ne possède la science du dessin, un goût développé, une grande dextérité de main, au même point que l'ouvrier français et surtout l'ouvrier parisien.

On conçoit qu'il soit difficile d'expliquer avec précision une industrie qui n'admet pas de règles invariables, où le goût et la fantaisie de l'ouvrier donnent particulièrement du mérite à l'ouvrage. Ces diadèmes, ces guirlandes, ces bouquets légers où la grâce de la forme lutte avec l'éclat des diamants, ne sauraient être créés selon une formule rigide, ne sauraient sortir d'un moule, d'une matrice, d'une machine. La main capricieuse de l'homme doit incessamment intervenir pour modifier, changer, corriger les formes du modèle primitif. Cependant, même dans la fabrication des joyaux les plus différents, il se rencontre des opérations toujours identiques qui sont comme les points de repère auxquels se mesure la marche de l'ouvrier; ce sont ces opérations que nous allons décrire en prenant pour exemple la confection d'une coiffure, telle que le *chignon* représenté en grandeur (fig. 2030).

Ce dessin au trait est celui qui est donné au joaillier; les feuilles, les grappes, la rose, qui s'y trouvent tracées, doivent être faites séparément et ensuite assemblées. Le joaillier décalque à part les feuilles telles que A (fig. 2031), les culots de gland tels que B et C (fig. 2032 et 2033), les grappes telles que D (figure 2034), etc. Les feuilles et les grappes ne doivent pas être fabriquées de la même manière. Les feuilles qui doivent recevoir de petits brillants sont faites avec du *plané*; les grappes, les pendants, les boutons, etc, sont faits avec de la charnière.

Occupons-nous d'abord des feuilles, des parties faites avec du *plané*.

L'ouvrier prend une feuille d'argent laminé à épaisseur convenable, la polit avec de la ponce, la fait chauffer, puis y applique facilement une légère couche de cire blanche. Il décalque alors avec du papier végétal en les plaçant à l'envers, pour qu'ils viennent dans le sens, les dessins d'une feuille A (fig. 2031), ou bien des culots B ou C (fig. 2032 et 2033). Cela fait, il fixe les dessins en enlevant la cire avec une pointe, et ensuite, avec une scie à main très fine, il découpe la feuille dans la lame d'argent.

Quelquefois, lorsqu'il s'agit par exemple d'une broche où se trouve un nœud, le joaillier doit avoir soin de décalquer sur la lame d'argent le double (au moins) du ruban tracé sur le dessin primitif, en le développant en sens contraire, afin qu'il puisse être plus tard renoué et contourné selon la forme qu'il est désirable de lui donner.

Cette première opération du découpé terminée, le joaillier soude avec la soudure d'argent au quart (voir au mot BIJOUTIER-JOAILLIER) une doublure, c'est-à-dire une mince feuille d'or au titre de 12 karats (500 millièmes). Cette doublure est destinée à relever l'éclat du dessous du joyau, car l'or est susceptible de recevoir un brillant, et il revêt la forme d'arêtes vives et éclatantes qu'on ne saurait donner à l'argent.

ORFÈVRERIE.

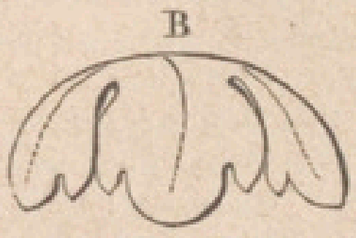
Le joaillier mouvemente alors la pièce de manière à lui faire prendre la forme la plus naturelle, la plus gracieuse, et à la fois la plus propre à faire valoir le jeu des brillants qu'elle recevra bientôt. Cette opération se fait pour

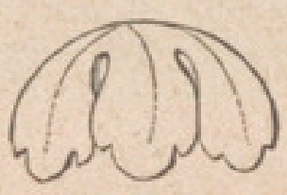


2031.

les parties les plus concaves ou les plus convexes, en donnant

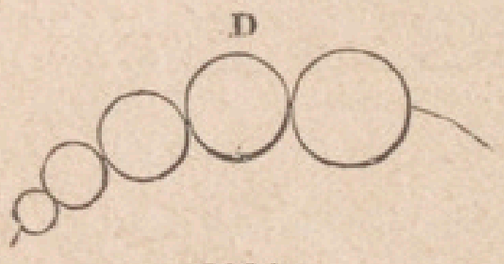
2032.





2033.

un ou plusieurs coups de *bouterolle* sur la pièce placée sur



2034.

le trou le plus convenable du *dé à emboutir*.

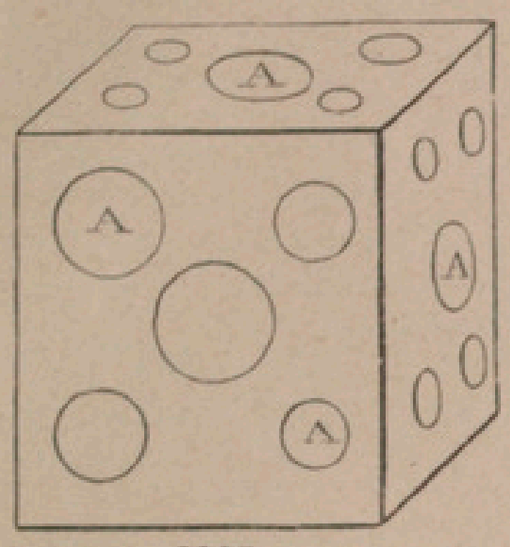
Le dé à emboutir est un bloc de bronze (fig. 2035) de forme rectiligne, dont chacune des faces a 0m,068 de côté, et est percée de plusieurs cavités hémisphériques A de différentes grandeurs. La *bouterolle* est un poinçon en acier de 0m,08 de long, arrondi par le bout, et qui entre juste dans le trou du *dé à emboutir* ; il faut par conséquent autant de bouterolles que le dé a de trous différents.

Quand la feuille ou le culot de grappe a la forme qui lui convient, on passe à l'ajustement des brillants. Cet ajustement peut se faire de deux manières selon que l'on a donné les brillants, ou bien selon qu'on sait seulement le nombre de brillants qu'il faudra placer. Dans le premier cas, on fixe la feuille à l'extrémité d'un petit bâton dont le bout est couvert de cire, et on la recouvre en outre de cire jaune, qui permettent d'ajuster provisoirement les brillants et de chercher la place qui leur fera produire le meilleur effet. Les brillants sont toujours mis de manière à laisser libres et en relief les côtés et les nervures des feuilles. Les places des brillants marquées, on perce des trous pour leur introduction : cette dernière opération se fait immédiatement sans ajustement préalable, dans le cas où les brillants ne sont

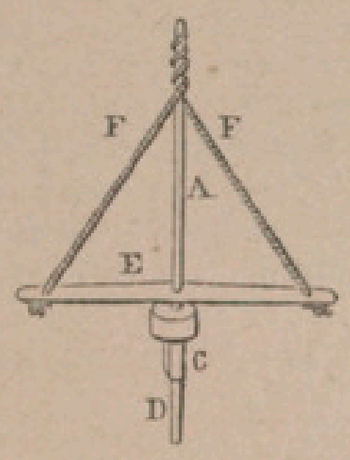


2030.

pas mis à l'avance à la disposition de l'ouvrier. Les trous se font avec le *drile* ou porte-foret (fig. 2036) ; le foret D, en acier trempé, est aplati vers le bas et aiguisé en



2035.



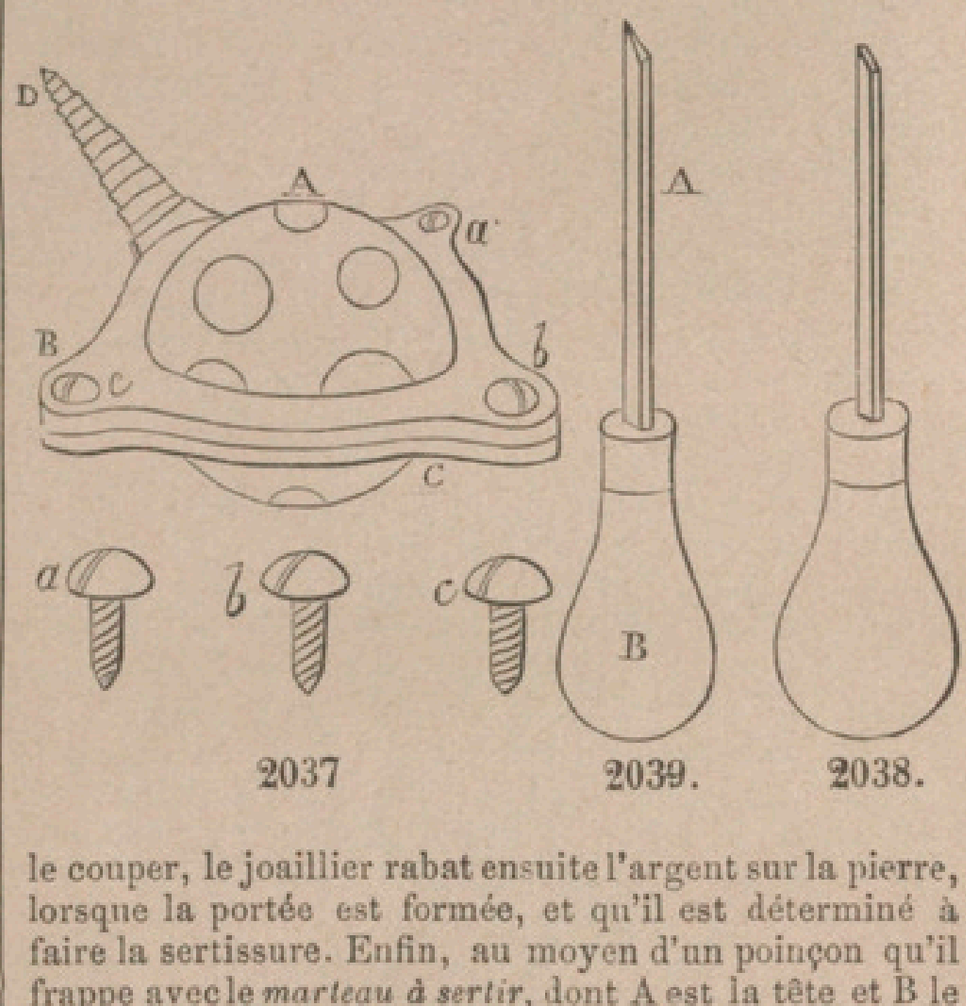
2036.

biseau losange ; vers le haut il est forgé en carré, et va en diminuant un peu pour entrer dans la boîte du drile. A l'archet E est attachée une courroie ou corde très flexible F, qui fait deux ou trois tours sur la tige A. En appuyant sur l'archet on fait enrouler la corde, et par suite tourner le foret qui s'enfonce dans le métal. Les trous ou *jours* étant pratiqués dans les parties faites en plané, on les donne à la polisseuse, qui les polit en y passant du fil imbibé d'huile à la ponce, puis d'huile au tripoli, et enfin d'huile au rouge. Les pièces sont ensuite savonnées, brossées et séchées.

Avant de nous occuper de la monture et de la sertissure des brillants, voyons maintenant la préparation de la *charnière* pour les chatons de grappes et pendants. Le joaillier prend une bande d'argent laminée à une épaisseur telle, que roulée cylindriquement pour former les grains de grappe, elle laisse un creux convenable pour recevoir la pierre qui lui est destinée. Cette bande est d'abord courbée au moyen d'un coup de marteau donné en la posant sur une pièce de bois portant plusieurs moulures ; une de ses extrémités est alors taillée en pointe avec les ciseaux, et faisant passer la pointe dans le trou d'une filière on la tire avec une pince ; les deux lèvres de la bande se rapprochent et l'on obtient un tube creux dans lequel on coupe tous les chatons à épaisseur convenable. On soude la fente à la lampe en même temps qu'une doublure en or, et une pointe d'or ou petite charnière en or pour servir à l'assemblage. Les feuilles faites en plané reçoivent aussi par une soudure des pointes et de petites charnières en or.

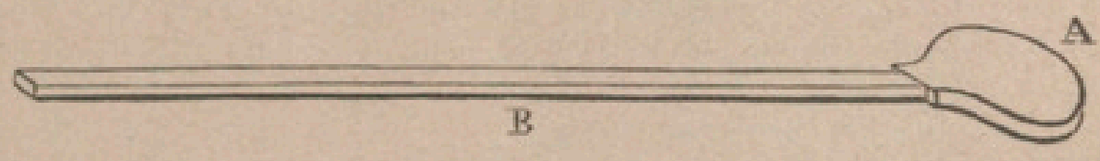
Il s'agit maintenant de monter les pierres sur l'ouvrage, préparé comme nous venons de l'indiquer. L'ouvrier commence par *mettre en ciment*, c'est-à-dire par enfoncer les pièces dans du ciment, suffisamment chauffé, dont il a garni une poignée de bois tournée ; il a pour but de fixer le métal de manière à ce qu'il puisse le travailler sans qu'il vacille. Il *met* ensuite *en cire* les pierres, c'est-à-dire qu'il les fixe par leur partie supérieure dans un petit bâton dont le bout est couvert de cire, afin de pouvoir les prendre facilement et les porter aux places qu'elles doivent occuper définitivement. Lorsque l'ouvrage est bien préparé, le joaillier met la poignée de bois dans un trou de la *boule à sertir*. *Sertir* une pierre, c'est rabattre sur les bords une partie du métal qui l'entoure, après l'avoir relevé sur le contour. Le métal rabattu ne cache de la surface de la pierre que la quantité absolument nécessaire pour qu'étant serré tout autour, il puisse la retenir solidement sans qu'on ait lieu de craindre de la perdre. La *boule à sertir* est une boule de cuivre A (fig. 2037), percée de plusieurs trous de différentes grandeurs, ajustée entre deux bassins B et C, en cuivre ou en bronze, entre lesquels elle peut se mouvoir en tous sens. Ces deux bassins sont ajustés l'un sur l'autre par trois vis *a*, *b*, *c*. Outre ces trois vis, le bassin inférieur C porte une vis D, qui entre dans l'établi et sert à fixer l'instrument.

Avec une *échoppe à refendre*, instrument d'acier (figure 2038) très poli et évidé sur le dos, le joaillier ramasse le métal autour de la pierre. Avec une *échoppe à arrêter*, morceau de fer plat carré A (fig. 2039), monté sur une poignée de bois B, ayant deux biseaux formant un tranchant que l'on émousse avec une lime, afin qu'en appuyant sur le métal on soit hors de risque de



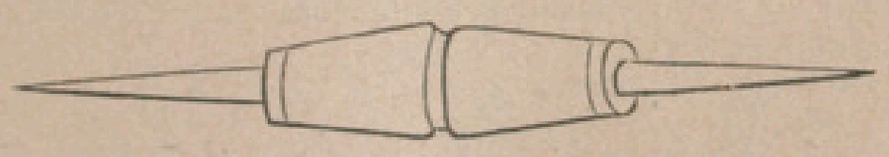
2037 2039. 2038.

le couper, le joaillier rabat ensuite l'argent sur la pierre, lorsque la portée est formée, et qu'il est déterminé à faire la sertissure. Enfin, au moyen d'un poinçon qu'il frappe avec le *marteau à sertir*, dont A est la tête et B le manche (fig. 2040), il resserre et applique étroitement les rebords métalliques sur la pierre, qui doit être alors tellement serrée qu'en aucun point il ne se trouve le plus petit interstice entre elle et l'argent. Le joaillier forme



2040.

ensuite, au moyen d'une échoppe, huit griffes sur la sertissure, en les espaçant également et les séparant symétriquement. Il enlève en outre avec une *pointe à découvrir* (fig. 2041) la partie superflue de la sertissure qui couvre la pierre au-delà de la partie sur laquelle elle pose, et qu'on nomme feuillet, parce que sans cette précaution elle perdrait de son étendue. Avec



2041.

la partie tranchante de cette pointe il agit de bas en haut, et amincit, par conséquent, la sertissure du côté de la pierre ; la sertissure prend ainsi la forme d'un tronc de cône dont la petite base est en haut. Toutes ces opérations terminées, le joyau est envoyé à la polisseuse, qui polit de nouveau à la ponce, au tripoli, et enfin au rouge d'Angleterre. Les différentes pièces reviennent enfin au joaillier qui les réunit en les soudant à l'étain, avec l'alliage suivant : étain fin, 2 parties ; plomb, 1 p. L'argent dont se sert le joaillier est au titre de 980 millièmes.

La description de la mise en œuvre que nous venons de détailler, n'avait encore été donnée dans aucun ouvrage. Elle est relative à la monture à jour, celle qui surtout est du ressort du joaillier proprement dit. L'ancienne Encyclopédie et les dictionnaires technologiques qui ont paru successivement, se sont bornés à décrire la monture des roses, ou des autres pierres enchâssées dans le chaton d'une bague. Or, cette opération n'est pas plus du ressort du joaillier que du bijoutier ; c'est une opération qui se fait dans les deux professions. Nous n'en dirons que quelques mots, qui suffiront, après tous les détails que nous venons de donner sur la monture des brillants par le joaillier, pour faire comprendre en quoi elle consiste.

Lorsque la pierre qu'il s'agit de monter sur la bague est un diamant, la sertissure doit être en argent ; elle est en or pour toutes les pierres de couleur. L'ouvrier prend donc un fil d'argent ou d'or, selon le cas ; il le contourne de manière à pouvoir entourer la pierre. Il prend ensuite une plaque d'or mince, il l'emboutit sur le *dé à emboutir* à l'aide de la bouterolle. Cette opération terminée, il en lime la surface et il ajuste le fil qu'il soude à la lampe. Il obtient ainsi l'assemblage qu'on nomme chaton. Le chaton est à son tour soudé aux deux bouts de l'anneau d'or préparé à l'avance, selon la grosseur du doigt. La bague est maintenant préparée pour la sertissure de la pierre. Elle est par conséquent *mise en ciment*, tandis que la pierre est *mise en cire*, ainsi que nous l'avons expliqué plus haut. Ici se place une opération dont nous n'avons pas eu occasion de parler, dans le cas des montures à jour. Lorsque le chaton est bien préparé, l'ouvrier met la *poignée de bois* dans la *boule à sertir* et couvre le fond du chaton de noir d'ivoire, provenant d'ivoire brûlé. Ce noir est broyé aussi fin que possible à l'eau, et délayé dans une eau légèrement gommée. La façon de l'employer dépend de l'artiste et de la nature des pierres dont il s'agit de faire valoir la beauté. L'artiste place sur le noir, dans la cavité du chaton. lorsqu'il s'agit du diamant ou de pierres blanches, une feuille d'argent battue, extrêmement mince et brunie avec beaucoup de soin, d'un brun très doux et très vif. Cette feuille doit être découpée de manière à ce que les jointures correspondent aux angles de la pierre ; on y pratique un trou à la partie qui sera en contact avec la pointe de la *table* du dessous du diamant. Ce trou, qui ne doit pas excéder cette table, laisse à découvert le noir d'ivoire qui donne un plus beau reflet à la pierre. Quelquefois, au lieu de ce trou, on peint une étoile noire sur la feuille d'argent. Sous les diamants jaunes, il est bien de colorer en bleu la feuille d'argent ; la couleur de la pierre qui est un défaut, semble ainsi de beaucoup diminuée. Si l'on monte des pierres de couleur, la feuille placée dans le chaton doit être brunie également, et colorée comme la pierre ; on ne pratique pas de point noir dans la table inférieure. Toutes ces opérations terminées, on ajuste la pierre dans l'*œuvre* avec une échoppe, on la *sertit*, la *découvre*, etc.

SECTION II. — DE LA BIJOUTERIE.

La bijouterie est l'art de fabriquer en or de petits ouvrages curieux ou précieux, que l'on nomme bijoux, et qui en général servent à la parure des personnes. La bijouterie n'emploie qu'exceptionnellement l'argent, tandis que la joaillerie emploie surtout ce métal. Les pierres précieuses de couleur, les émaux et les nielles, sont constamment employés par le bijoutier, qui sait marier la couleur de l'or aux effets si variés de ces auxiliaires charmants et précieux. Le bijou doit avoir une grande valeur, non pas seulement à cause de la matière rare et précieuse dont il est composé, mais surtout par l'arrangement de cette matière, par le goût, la fantaisie, et par la signification emblématique de cet arrangement. On ne demande pas autant aux joyaux dont la légèreté gracieuse, la frivolité éclatante, sont les principaux attributs.

§ 1. *De l'or employé en bijouterie.* — L'or arrive en lingots dans l'atelier du bijoutier ; ces lingots sont à 1000 millièmes ou environ (24 karats) ; c'est de l'or fin. Le bijoutier commence par en faire des alliages, soit aux trois titres légaux actuels, qui ont déjà été donnés au mot BIJOUTIER-JOAILLIER, soit aux différentes couleurs dont l'emploi est usité dans son art.

L'*or au haut titre* est le premier titre légal actuel, 920 millièmes ou 22 karats 1/32 et 1/2 ; ce titre est plus spécialement employé dans l'orfévrerie.

L'*or au titre* est l'or à 840 millièmes ou 20 karats 5/32 et 1/2, autrefois 20 karats seulement ou 833,33 millièmes.

L'*or commun* est l'or à 750 millièmes ou 18 karats.

Les tolérances sont de 3 millièmes.

L'*or bas* est l'or au-dessous de 750 millièmes ; depuis 500 jusqu'à 750.

Pour que l'or puisse être facilement travaillé, il faut que l'alliage soit parfaitement homogène ; le bijoutier ne l'obtient à cet état qu'après plusieurs fontes successives. L'alliage bien fait ne doit donner ni grenures ni gerçures sous l'action du marteau à la forge, ou entre les cylindres du laminoir. Quand l'alliage est mal fait, on dit que l'or est *aigre ;* on l'adoucit par une nouvelle fonte en présence du borax et du salpêtre. Les fusions se font dans des creusets de Paris, au milieu d'un bon feu de charbon de bois.

Les couleurs de l'or usitées dans la bijouterie sont les suivantes :

Or jaune : or fin.

Or rouge : or fin, 750 ; cuivre rosette, 250.

Or vert : or fin, 750 ; argent, 250.

Or feuille morte : or fin, 700 ; argent, 300.

Or vert d'eau : or fin, 600 ; argent, 400.

Or blanc : or dont la couleur est adoucie par une quantité d'argent de plus en plus considérable.

Or bleu : or fin, 750 ; fer, 250. Cet alliage est difficile à préparer ; on l'obtient en plaçant le fer en gros fil au centre de l'or fondu, et retirant aussitôt que l'alliage est fait. L'alliage étant fait, on le coule ; il ne doit pas être poreux. On le forge et on le réduit en lames ou en fils de différentes épaisseurs.

Le bijoutier fait fondre également les alliages qui constituent les soudures. Ce sont des alliages plus fusibles que le métal employé par le bijou. Il en faut par conséquent de plusieurs sortes à cause des différents alliages d'or employés, et aussi à cause de la succession des soudures, dont les unes sont faites après les autres. La soudure étant composée (voir le mot BIJOUTIER-JOAILLIER), on la bat bien mince et on la coupe en très petits morceaux ou paillettes, qu'en terme du métier on appelle *paillons*.

§ 2. *Diverses catégories de bijouterie.* — Il y a un grand nombre de distinctions à établir entre les bijoux, soit d'après leur destination, soit d'après leur fabrication. D'abord le bijou, au sortir de la main de l'ouvrier, est simplement livré au polisseur, ou bien il est mis en couleur, c'est-à-dire jauni, c'est-à-dire encore soumis à une opération qui enlève l'alliage à la surface du bijou, et par conséquent lui donne l'apparence de l'or fin. Les bijoux peuvent être unis, *polis*, gravés ou ciselés, ou bien encore, unis, *brunis ou mats*, avec ciselures ou gravures. Enfin les bijoux peuvent être *pleins* ou *creux*, ou en *filigrane* ; *fondus* ou *estampés* ; *faits à la main très forts*, c'est-à-dire fabriqués sans le secours des moyens mécaniques, ou bien faits d'après des matrices, c'est-à-dire n'être que des copies des bijoux plus précieux faits d'abord à la main.

Nous considérerons trois catégories dans la bijouterie proprement dite :

I. Nous mettrons en première ligne la *bijouterie*

d'art, qui remonte au temps de Benvenuto-Cellini, et la seule qui ait réellement quelque analogie avec l'orfèvrerie. Elle se travaille effectivement par des procédés presque identiques à ceux employés par l'orfèvrerie. La bijouterie d'art produit la classe des bijoux les plus riches, et ceux dont la fabrication offre le plus de difficultés ; ce sont les couronnes, les vases destinés aux usages sacrés ou profanes, les épées, les poignards, les coffrets, les riches tabatières, etc., etc., ornés des pierres les plus précieuses et des émaux les plus beaux.

II. La *bijouterie* proprement dite ou de *riche fantaisie* produit les objets *faits à la main* tels que : les diadèmes, les peignes, les colliers, les bracelets, les broches, les épingles riches, les boucles d'oreilles, les chaînes, etc., qu'elle enrichit ordinairement de pierres précieuses et d'émaux. Tandis que la bijouterie d'art satisfait en quelque sorte au besoin, ne produit aucun objet qui n'ait une fonction à remplir, soit pour marquer les rangs hiérarchiques (couronnes et décorations), soit pour servir à la défense personnelle (épées, poignards), soit pour satisfaire un goût, une habitude (tabatières), la branche de la bijouterie dont nous parlons s'attache surtout à combler les fantaisies les plus futiles.

La bijouterie de fantaisie se fait à grands frais. L'artiste ne fabriquant presque jamais deux pièces semblables, on n'a point recours aux moyens mécaniques pour obtenir un bijou destiné d'ailleurs à des personnes occupant un rang élevé dans la hiérarchie sociale, et étant par conséquent en état de défrayer l'artiste de ses soins ; aussi ne néglige-t-on rien pour rendre cette bijouterie aussi parfaite que possible. Elle remonte aux siècles de Louis XIII et de Louis XIV ; mais alors elle était l'ornement exclusif des dames de la cour, et encore s'en faisait-il fort peu. Les orfèvres se chargeaient alors de travailler ces sortes de bijoux. Depuis cette époque, en suivant toutes les phases et toutes les modifications de la mode, en se perfectionnant aussi avec les progrès des arts et de l'industrie, en se multipliant par suite de la diffusion de l'instruction et du raffinement de la civilisation, les bijoux riches sont arrivés à constituer une branche importante de l'industrie française, qui sait le mieux satisfaire les goûts et les fantaisies gracieuses.

III. La haute bijouterie de fantaisie a engendré de nos jours la *bijouterie de consommation*, dont les produits sont devenus nécessaires aux classes moyennes de la société qui éprouvent des besoins presque aussi raffinés que les classes supérieures, sans que leur richesse soit suffisante pour leur permettre de payer chèrement leurs fantaisies.

La bijouterie de consommation fait les mêmes objets que la bijouterie de haute fantaisie ; elle produit la plupart, on pourrait presque dire tous les bijoux qui se trouvent dans le commerce. C'est, par conséquent, celle qui occupe le plus grand nombre d'ouvriers dans Paris, où se font les bijoux dont les formes sont les plus variées, dont les dessins sont les plus coquets. Cette bijouterie plaît généralement, parce qu'elle est aussi *jolie* que la haute bijouterie de fantaisie, parce qu'elle fait presque autant d'effet et qu'elle est infiniment meilleur marché. La différence des prix provient de l'emploi des moyens mécaniques dans la bijouterie de consommation qui se fait à l'aide de poinçons et de matrices. Le principal désavantage qu'elle ait sur la première, c'est de ne pas livrer des produits possédés uniquement par l'acheteur. Du reste, ce n'est pas en France que se fait, en quelque sorte, la prostitution d'un modèle. Nos bijoutiers ne vendent pas un grand nombre de bijoux de même forme. Les Allemands, et surtout les Genévois, se chargent du soin lucratif de vulgariser les nouveaux modèles produits par la bijouterie parisienne. Ils font, du reste, un choix parmi ses produits ; ils choisissent non pas les plus beaux bijoux, mais seulement les plus faciles à copier et à exécuter. On ne trouve nr a Genève, ni à Manheim nos très beaux modèles ; et quant aux modèles simples qui sont reproduits en grand nombre, on peut voir qu'ils ont perdu presque toute leur grâce et leur légèreté. Ce n'est effectivement qu'aux dépens du bijou même que les contrefacteurs peuvent atteindre un bon marché extrême. Aussi commence-t-on à comprendre généralement qu'il vaut mieux s'adresser aux bijoutiers français qu'aux colporteurs des fabriques genévoises ou allemandes, dont les produits ont toujours une certaine ancienneté et portent un cachet de vulgarité imprimé par une mécanique grossièrement employée. Du, reste avec quelques perfectionnements faciles à introduire dans la fabrication du bijou commun, les bijoutiers français arriveraient vite à faire à aussi bon marché que les Genévois, et ils feraient certainement beaucoup mieux. Quant aux Allemands, l'absence de la marque de leurs bijoux les a portés à fabriquer des bijoux à titre si bas que leur concurrence, quoiqu'active encore, devient chaque jour moins dangereuse. Les Anglais savent parfois produire de beaux bijoux ; mais, en général, ils se servent d'or à bas titre, et ils donnent, à des objets dont le mérite est la grâce et la légèreté, un aspect si lourd, si matériel, que les bijoux anglais ne plaisent guère qu'en Angleterre et dans quelques-unes des colonies de la Grande-Bretagne, où les autres bijoux ne peuvent presque pas arriver à cause des droits élevés dont ils sont frappés à leur entrée.

Après les trois grandes catégories de bijoux dont nous venons de parler, nous parlerons de deux genres accessoires, le *plein* et le *creux*, et nous décrirons les procédés de fabrication d'un genre extrêmement intéressant, du *filigrane*. Enfin nous terminerons ce qui concerne les bijoux, en parcourant succinctement la *bijouterie de corail*, la *bijouterie de deuil*, la *bijouterie en faux*, etc.

Afin de bien faire comprendre les divers procédés de fabrication, nous allons prendre un exemple dans chacun des grands genres dont nous venons de parler, et expliquer comment s'obtiennent les différentes pièces qui composent chaque objet pris comme type ; il n'y a que quelques variations faciles à imaginer pour passer d'un bijou à un autre.



2042.

§ 3. *Bijouterie d'art*. – La fig. 2042 représente, à l'échelle 1/4, la poignée d'une épée exécutée pour le général Mosquera, président de la république de la Nouvelle-Grenade, par MM. Rouvenat, Christofle et Cie Voici les phases par lesquelles cette pièce doit passer pour arriver à son entier achèvement. Le procédé de fabrication que nous allons décrire est applicable à toutes les pièces de bijouterie ou d'orfèvrerie analogues.

ORFEVRERIE.

Modelage. Le dessin étant fait, on construit une espèce de carcasse en gros fil de fer de la forme et des dimensions que doit avoir l'objet et que donne le dessin. On recouvre cette charpente de cire à modeler, et on modèle ensuite d'après le dessin avec toute la perfection possible. Ce travail d'artiste étant effectué, on laisse sécher la cire durant quelques jours, afin qu'elle durcisse assez pour que les parties qui doivent être moulées puissent, sans courir le danger d'être écrasées, supporter cette opération.

En général, on se sert du moulage pour fabriquer les parties qui constituent l'ornementation : dans la pièce actuelle, ces parties sont représentées par les lettres *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, *i*, *j*, *k*, *l* et *m*. Ce qui reste doit être exécuté par la bijouterie ; c'est la forme, l'ajusté, la partie de précision de la pièce ; un habile ouvrier peut seul en être chargé. Les parties moulées sont ajustées, soudées et enfin ciselées sur cette sorte d'édifice qui attend ses ornements et qui constitue l'objet simple, non orné.

Moulage. Le bijoutier fait porter chez le fondeur toutes les parties destinées au moulage. Le fondeur prend l'empreinte dans du sable fin, et coule d'abord un modèle en cuivre qu'il répare avec soin, afin de donner à l'objet définitif une grande précision. Ce modèle de cuivre sert à former le moule où l'or sera coulé ; ce second moulage est beaucoup plus parfait que le premier, parce que le modèle ne peut pas s'écraser, comme le fait toujours la cire, quels que soient d'ailleurs les soins que l'on prenne. On répare les jets de la fonte, on cisèle cette fois toutes les parties fondues en or avec toute la perfection possible, et on les rapporte chez le bijoutier. Nous avons passé sous silence toutes les précautions que prend le fondeur en or, parce qu'elles se trouvent décrites avec détail à l'article **FONDERIE** et au mot **BIJOUTIER-JOAILLIER**.

Pendant le moulage des ornements, le bijoutier a fabriqué la pièce principale en suivant la marche que nous allons indiquer.

Soudage. Le milieu de la poignée, représenté par la lettre *u*, se fait en deux parties, formant chacune la moitié de la pièce ; à l'aide d'un poinçon, on leur donne la forme qu'elles doivent avoir. Les deux parties sont réunies à l'aide d'un fil de fer très fin dont on se sert pour les attacher, après avoir eu soin de mettre sur les bords intérieurs des petites parcelles ou *paillons* de soudure d'or fort *au quart*, de la dimension de deux millimètres carrés. Ces paillons sont déposés au moyen d'un petit pinceau trempé dans du borax délayé à l'eau dont on humecte toutes les parties que l'on veut souder. Après avoir fait sécher le borax au feu, on expose la pièce à la lampe en la plaçant sur une sorte de support en fil de fer. A l'aide du chalumeau, on projette la flamme sur toutes les parties de la pièce, afin de l'échauffer partout également. Lorsqu'elle a atteint une température suffisamment rouge, on aperçoit la soudure qui de l'intérieur ressort à l'extérieur, vive et brillante, et qui coule dans toutes les jointures. On laisse la pièce refroidir avec précaution, car il est essentiel de ne pas la remuer tant que la soudure est en fusion. On enlève ensuite le fil de fer et l'on déroche.

Dérochage. Le *dérochage* consiste à faire bouillir dans un *bouloir*, vase de cuivre rouge oblong muni d'une queue, de l'acide sulfurique très étendu d'eau, tandis que la pièce y est plongée. Le dérochage nettoie la pièce de l'excès de borax.

Le pommeau *o* se fabrique par le procédé que nous venons de décrire. Il s'ajuste dans la poignée au moyen d'une *douille* ou *virole*, c'est-à-dire d'un petit cylindre creux en or. La coquille P est une partie massive faite d'un morceau d'or fort qu'on appelle *plané*, et qu'on a obtenu par le moyen du laminoir. Ce plané est découpé de la forme du dessin par les procédés que nous avons décrits plus haut en parlant de la joaillerie il est ensuite légèrement embouti. Les ornements qui ne sont point moulés sont faits d'un morceau de lingot forgé, contourné et soudé sur la coquille. La garde Q est également faite d'un morceau de lingot en or massif, forgé et limé d'après le dessin. La partie supérieure du fourreau R est entièrement fondue ; elle est ensuite ciselée et ajustée comme les autres pièces. La partie transversale de la garde est également forgée et soudée.

Lorsque la pièce principale est faite, que la ciselure des figures, des ornements divers, des armoiries, etc., est terminée, on ajuste les parties moulées et on les soude sur chacune des pièces où elles doivent être placées. L'ouvrier vérifie avec attention toutes les soudures, tout l'ajusté de chaque partie, et lorsqu'on s'est assuré que rien ne manque, on fait dérocher le tout, et après le dérochage on met un moment à la forge pour faire évaporer toute trace d'eau. On porte, en dernier ressort, au ciseleur l'objet démonté en autant de parties qu'il a fallu en faire pour le travail fractionné. Le ciseleur répare à la lime et cisèle les soudures.

Polissage. Les parties unies ont besoin d'être *polies*, afin que les traits de la lime puissent disparaître. Le *polissage*, toujours effectué par des femmes, se fait de la manière suivante : On commence par adoucir les irrégularités à l'aide d'une pierre douce d'ardoise bien divisée. On mouille souvent la pièce à l'aide d'une éponge, afin de s'assurer que le travail se fait convenablement. Ensuite, à l'aide d'un petit morceau de bois de fusain, on frotte sur les pièces avec de la ponce en poudre fine délayée dans de l'huile de manière à former une pâte liquide. Après ce premier travail, on *dégraisse* l'ouvrage à l'aide de mie de pain rassis. Pour augmenter la beauté du poli, on se sert d'un charbon allongé mince, en bois de fusain, et on frotte avec de l'eau. Enfin, on frotte encore à l'aide d'un bois revêtu de drap avec du tripoli de Venise. Ce second travail achevé, on nettoie de nouveau ; ce second nettoyage est bien essentiel, car si on laissait du tripoli sur les pièces on risquerait d'être obligé de recommencer tout le travail. On termine le polissage par ce que l'on appelle le *passé au rouge*. On se sert pour cela de rouge à polir, obtenu par la calcination du sous-sulfate de fer que l'on étend avec un peu d'eau sur un morceau de liége. On savonne ensuite au savon blanc ; on nettoie les objets dans l'eau chaude et on les fait sécher dans de la sciure de bois fine et chaude. On essuie avec une mousseline très fine, puis avec une brosse douce à longs poils préparée au rouge sec, on donne le dernier *coup de vif* en passant cette brosse deux ou trois fois sur les pièces ; c'est ce que l'on appelle *aviver*.

Lorsque l'on veut polir l'intérieur d'un trou, d'une sertissure, d'une bague, etc., on se sert d'un écheveau de fil plus ou moins gros, selon la grandeur du trou. On frotte avec ce fil qui est imprégné des ingrédients que nous venons de décrire ; et on arrive ainsi à obtenir un poli d'un éclat éblouissant. C'est le polissage que nous avons indiqué plus haut en parlant de la joaillerie.

Mise en couleur. Quand une pièce est destinée à être *mise en couleur*, c'est-à-dire que l'on veut lui donner l'aspect de l'or fin, et non pas conserver l'*or de couleur* qui est la conséquence de l'alliage, on la recouvre entièrement de borax en poudre délayé dans l'eau, après qu'on a préparé les parties unies comme nous venons de le dire. On la fait ainsi recuire au feu de charbon ou bien au chalumeau, selon son importance, afin d'en enlever toutes les parties grasses. On déroche ensuite comme nous l'avons déjà expliqué. Après s'être assuré que toutes les parties sont suffisamment propres, on procède à la mise en couleur.

On fait un mélange de sel ordinaire, de salpêtre et d'alun ; on y ajoute une certaine quantité d'eau ; on place sur le feu, et on attend que ces ingrédients soient

fondus et forment une sorte de bouillon de couleur jaune. Alors on y verse une quantité d'acide hydrochlorique plus ou moins grande selon le poids des bijoux; puis, à l'aide d'une baguette de verre formant crochet à une de ses extrémités, on plonge rapidement dans le liquide les pièces attachées ensemble de manière à former un petit paquet avec de l'or vert en fil très fin, ou avec du fil de platine, ce qui est préférable, parce que ce dernier métal ne s'altère pas, tandis que l'autre est toujours rongé au bout de fort peu de temps. On retire de temps en temps le paquet de la *sauce* et on le trempe à chaque fois dans un vase plein d'eau chaude, afin de pouvoir observer les modifications de couleur que prend l'or. Quand on juge qu'il est arrivé à son dernier degré de pureté, ce qui exige de cinq à dix minutes, on retire les pièces et on les fait bien sécher dans de la sciure de bois chaude. Si l'opération a été bien faite, les pièces sortent de la sciure avec une teinte d'un jaune d'or fin éblouissant, car cette mise en couleur est un corrosif puissant qui enlève toutes les parties d'alliage d'argent et de cuivre qui se trouvent à la surface, et l'or fin paraît alors seul dans toute sa richesse et toute sa pureté.

Cette opération, quelque simple qu'elle paraisse, est un écueil contre lequel vient se briser la fortune d'un grand nombre de fabricants qui ne peuvent parvenir à bien mettre en couleur. La plus légère inadvertance fait manquer l'opération, et le bijou, au lieu d'atteindre la couleur vive et jaune de l'or fin, prend une teinte terne et grisâtre à laquelle on donne le nom de couleur de *terre à poêle*. Personne ne veut du bijou amené à cet état, et le bijoutier, non seulement met un retard considérable à effectuer sa livraison, mais encore il fait une perte ruineuse en façon payée inutilement aux ouvriers et en déchets causés par les différentes manipulations que nous venons d'expliquer.

L'or à bas titre vient très mal en couleur; l'aspect seul qu'il prend suffit à un œil exercé pour le faire reconnaître.

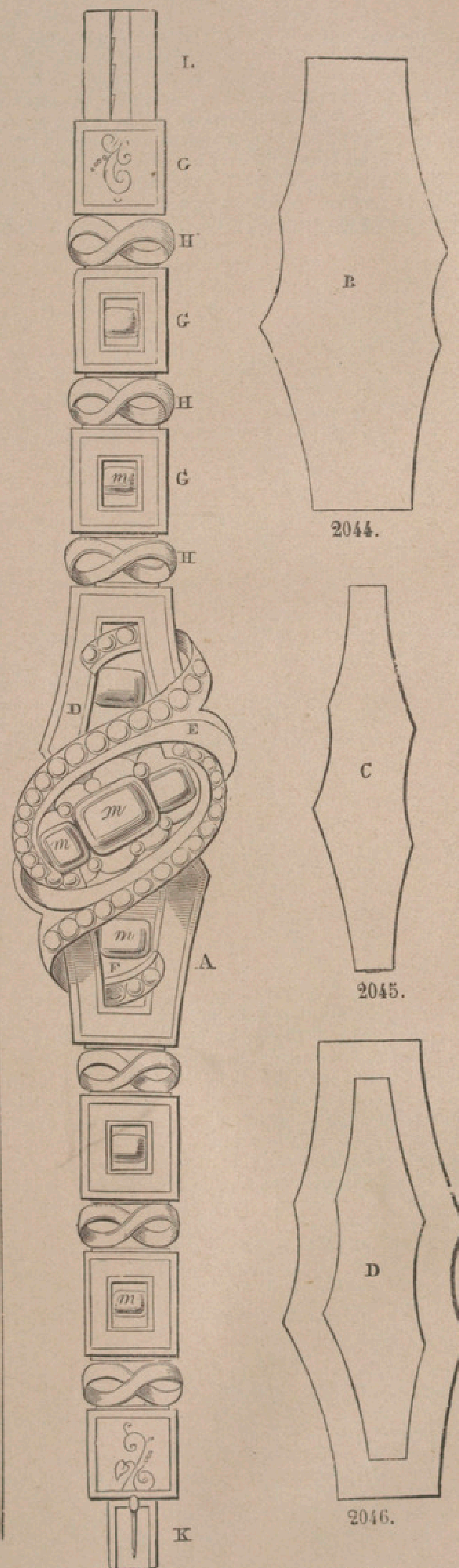
La mise en couleur des bijoux d'or diffère essentiellement, comme on voit, de celle que nous avons indiquée à l'article DORURE pour les bijoux faux et les bronzes dorés; celle-ci augmente le poids des objets, tandis que celle-là le diminue.

Assemblage. L'assemblage des pièces principales dont se compose un bijou considérable, comme l'épée que nous avons prise pour type, se fait maintenant à l'étain; il ne présente aucune difficulté. Les petits bijoux sont tout montés avant le polissage et la mise en couleur.

§ 4. *Haute bijouterie de fantaisie*. — Les détails dans lesquels nous venons d'entrer nous permettront de nous étendre beaucoup moins dans les explications qu'il nous reste à donner.

La fig. 2043 représente un bracelet que nous pouvons prendre pour type de bijouterie de haute fantaisie. Il se fabrique à grands frais parce qu'on le fait seul, et que ce n'est qu'après son entier achèvement qu'on peut faire une ou plusieurs matrices pour le reproduire mécaniquement, et par conséquent à meilleur marché, en le reproduisant un grand nombre de fois comme bijou de consommation.

A, est une partie plane légèrement arrondie dans le sens de sa longueur afin de prendre la forme du bras. Cette pièce est faite de *bâtes*, c'est-à-dire que pour l'obtenir on prend un fil d'or carré qu'on lamine jusqu'à l'épaisseur d'un quart de millimètre et la largeur de 2 millimèt. environ. On contourne la feuille en mettant de champ la partie mince et lui donnant la forme extérieure B (fig. 2044). On en fait autant avec un second fil plus court que l'on lamine et contourne d'après la forme intérieure C (fig. 2045), et on réunit respectivement leurs extrémités par la soudure au quart. Les deux minces cercles d'or obtenus sont placés perpen



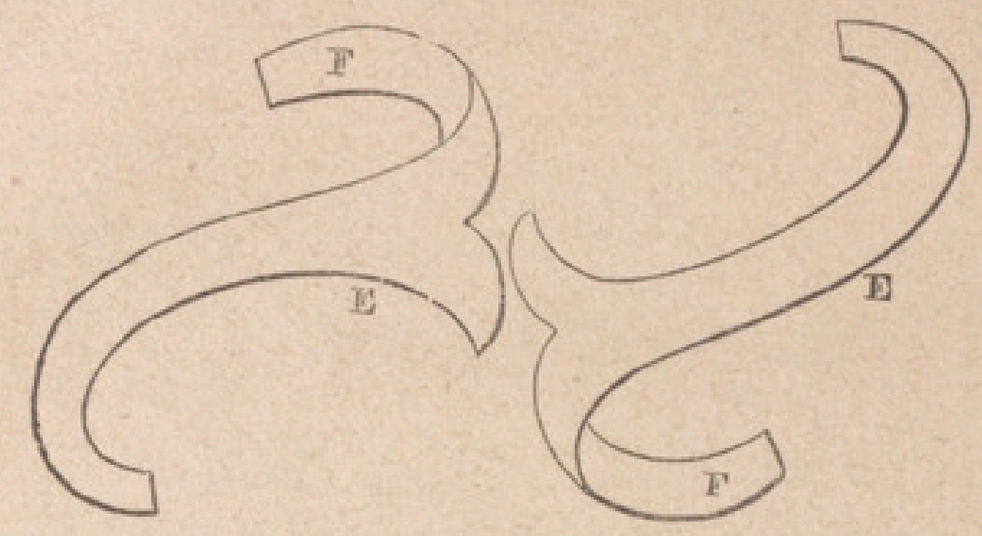
2043.

2044.

2045.

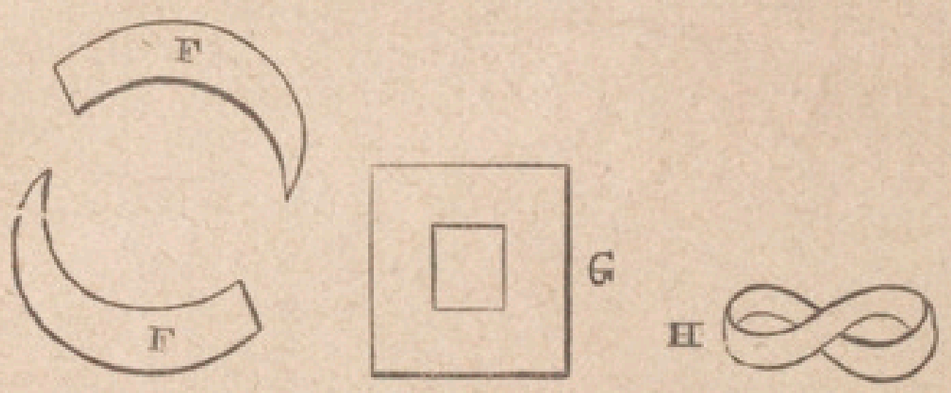
2046.

li culairement sur un fond d'or laminé de l'épaisseur d'un sixième de millimètre, mais de largeur telle que les bâtes conservent entre elles la largeur de la pièce A, quand elles seront soudées sur ce fond. Alors, à l'aide d'une petite scie et après avoir fait un petit trou ou plané pour pouvoir l'y introduire, on reperce la partie intérieure en suivant le contour de la bâte. On obtient ainsi la pièce D (fig. 2046) à laquelle on met un second fond appuyé sur le premier. Cela donne une pièce presque carrée dans tous les sens, mais cependant plus large qu'épaisse. On fait un travail semblable pour les pièces E (fig. 2047 et 2048) qui doivent terminer la



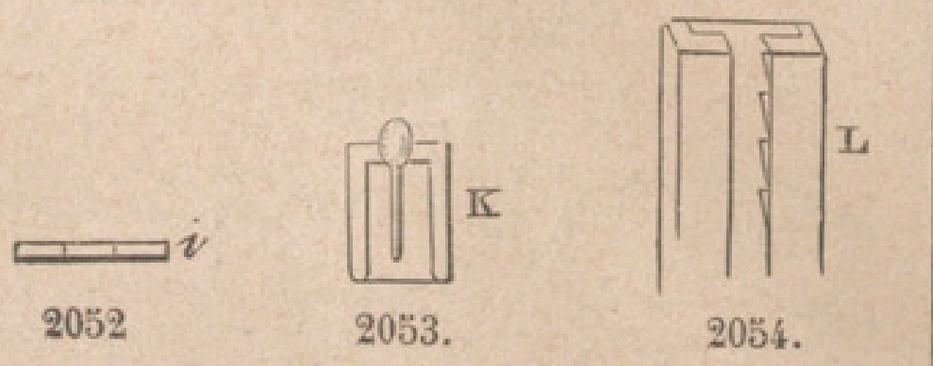
2047. 2048.

pièce du milieu, l'ornement capital du bracelet, et dont les retours F (fig. 2049) sont soudés après avoir été fabriqués d'une manière analogue. C'est aussi de cette façon que s'obtiennent les pièces G (fig. 2043 et 2050) qui constituent les ornements secondaires du bijou. Les parties H (fig. 2043 et 2051) sont des fils d'or pleins, contournés en forme de 8 et constituant la chaîne du



2049. 2050. 2051.

bracelet ; elles sont réunies aux pièces A et G par une charnière *i* (fig. 2052) qui permet l'exécution du mouvement qu'on veut imprimer, soit pour fermer le bracelet, lorsqu'il est placé sur le bras, soit pour l'ouvrir, quand on veut le quitter. Les deux extrémités du bijou sont réunies par le moyen d'un fermoir qu'on appelle *cliquet*. C'est une partie K (fig. 2053) formée d'un morceau de *plané* découpé de la forme du dessin, sur lequel on soude une petite pièce, qu'on appelle pièce de pêne, parce que pour ouvrir le bracelet on appuie sur le pêne : à cet effet, la pièce K entre dans une pièce creuse L, (fig. 2043 et 2054) et par le moyen du ressort que



2052 2053. 2054.

fait le cliquet, elle ne peut se détacher que si on appuie sur la pièce de pêne K. Les *cercles* ronds et ovales *m* (fig. 2043), sont de petites pièces laminées et contournées qu'on appelle *sertissures*, et qui sont destinées à recevoir les pierres. Elles doivent être faites en or plus ductile que celui du reste du bracelet, c'est-à-dire que, quoiqu'au même titre, elles doivent être en or allié exclusivement avec de l'argent fin. Quand les pierres ont de la valeur, ces sertissures sont en or fin, parce que le travail est plus facile pour le sertisseur, ouvrier qui ne fait que sertir et qui exerce ainsi une profession particulière. L'emploi d'un or moins ductile pourrait occasionner souvent la cassure de la pierre qu'on veut monter. Lorsque l'ouvrier a exécuté séparément les pièces dont nous venons de donner le détail, il les réunit en se guidant sur le dessin (fig. 2043).

Le travail du bijoutier proprement dit, est alors terminé, mais le bijou est loin d'être fini ; il faut qu'il passe entre les mains du graveur, du ciseleur, du sertisseur, du guillocheur, de l'émailleur. En outre, si le bijou est ce que l'on appelle en *or anglais*, c'est-à-dire si on veut lui laisser la couleur de l'alliage, on le donne à la polisseuse. S'il doit être *mis en couleur*, on lui fait subir l'opération que nous avons déjà décrite.

On doit concevoir combien est compliqué le travail d'un bijou, car toutes les opérations dont nous avons parlé sont quelquefois faites sur la même pièce, et le bijou passe dans autant de mains que nous venons d'indiquer de professions différentes. Nous avons passé rapidement sur les travaux mentionnés, parce que toutes les opérations se font comme nous l'avons dit au paragraphe 3 ; pour les soudures, on prend seulement une précaution, c'est de préserver, au moyen d'une couche d'*ocre jaune*, les parties faibles et les premières soudures contre l'action trop forte de la flamme. Avant la soudure, le bijoutier attache les pièces avec du fil de fer fin, et fait les petites soudures au chalumeau, sans quitter son établi, en mettant les objets sur un morceau de charbon.

§ 5. *Bijouterie de consommation à bon marché.*— Il est facile de comprendre qu'en fabriquant des poinçons et des matrices qui représentent les différentes pièces de bijoux que nous venons de prendre pour exemple, et en se servant des procédés d'estampage dont nous parlerons plus loin au chapitre du PLAQUÉ, on pourra reproduire à bon marché un bijou très cher. On obtiendra, en effet, en un instant, chacun des ornements détaillés plus haut, et même souvent de très grandes pièces, telles que la plaque du milieu (fig. 2043), par exemple. En réparant les pièces avec soin, les montant avec précision et surtout en se servant de matrices parfaitement gravées, on peut obtenir des bijoux comparables au type primitif, quoiqu'ils ne demandent pas la centième partie de la façon qu'il a exigée. Mais ces conditions se rencontrent rarement, et d'ailleurs on estampe à si faible épaisseur, les bijoux offrent si peu de résistance que, sous le point de vue de l'art, l'invention des procédés mécaniques est plutôt une calamité qu'un bienfait. Malgré tous les efforts de nos artistes, notre siècle se ressentira de cette faiblesse à laquelle le condamne une concurrence illimitée ; il ne laissera guère d'œuvre capitale digne d'exciter l'enthousiasme ou l'admiration des siècles futurs : nos bijoux sont rarement constitués pour une longue vie.

§ 6. *Bijouterie en plein.* — Cette dénomination, *en plein*, sert à désigner un genre de bijouterie dont la fabrication est actuellement fort restreinte. Elle consiste à faire, en fil d'or rond ou carré, les anneaux, les alliances, les porte-mousquetons, les anneaux brisés, etc., etc. Cette bijouterie se fait massive, polie ou en couleur, selon la mode, mais presque toujours sans gravure ni ciselure. Quelques ouvriers seulement s'occupent de cette fabrication.

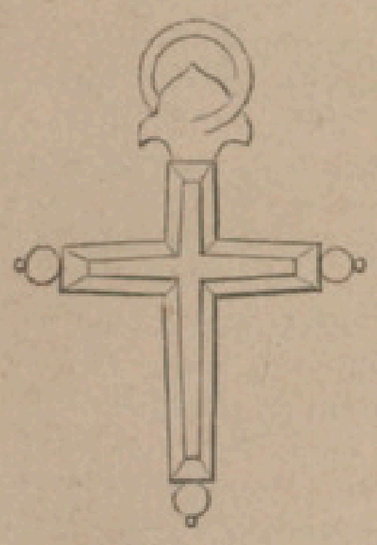
L'usage du bijou plein remonte à la plus haute antiquité. Les Grecs, les Romains, les Maures, les Mexicains, les Indiens s'en servaient pour leur parure. Le plus souvent, ainsi que nous pouvons nous en rendre

ORFÈVRERIE.

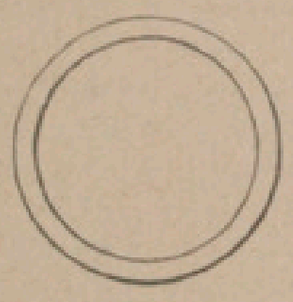
compte d'après ceux qui ont été recueillis par nos musées, les bijoux de ces temps reculés étaient bien informes. Ils ne consistaient guère d'abord qu'en un morceau d'or rond ou carré formant une bague grossière ou un anneau d'oreille, et qui n'était, sans doute, travaillé qu'au marteau, seul outil qu'on connût peut-être alors. Certains Indiens de l'Amérique du Sud font encore ainsi leurs bijoux. Ils se servent toutefois d'un bambou creux en guise de chalumeau, ce qui est déjà un perfectionnement. Sans aucun doute, ces moyens simples ont pu devenir, entre les mains d'habiles ouvriers, le moyen de produire des bijoux d'un certain mérite artistique. Mais, à quelques exceptions près, le mérite principal des bijoux consistait dans le prix de la matière ; le plus lourd était le plus estimé, au moins par le plus grand nombre des anciens consommateurs.

Plus tard, les arts et l'industrie se perfectionnant, on dut recourir à des moyens de fabrication plus ingénieux et plus en rapport avec les besoins d'une civilisation plus avancée. De là l'invention des outils perfectionnés, tels que : les filières servant à tirer le fil rond, carré ou ovale, les laminoirs écrasant la matière d'une manière parfaite et régulière, les tenailles, les bigornes, les mandrins, les dés à emboutir, etc.; puis, en marchant toujours vers la perfection industrielle, les poinçons, les estampes et les matrices qui, s'ils ne contribuent pas aux progrès de l'art absolu, aident au moins à développer et étendre la consommation.

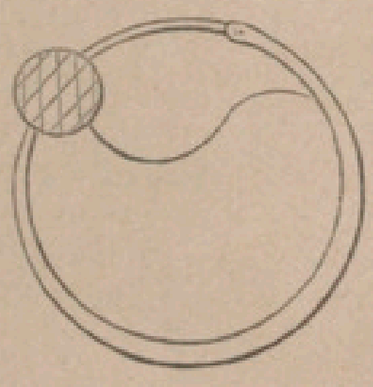
Si l'on excepte les quelques ouvrages sortis de loin en loin des mains d'habiles orfèvres, et qui sont d'une grande beauté, l'époque du bijou un peu gracieux ne remonte pas, en Europe, à des temps bien éloignés. Il n'y a pas plus de cent ans que, hors les gens de la cour, on ne rencontrait pas d'autres bijoux que la bague (fig. 2055), l'anneau d'oreilles (fig. 2056), la croix à la Jeannette (fig. 2057) et le saint-esprit (figure 2058). La croix et le saint-esprit sont les deux symboles les plus répandus parmi le peuple chrétien,



2057.



2055.



2056.



2058.

et ce sont des bijoux d'une signification tranchée, comme tous les bijoux primitifs : comme ceux des Mexicains, des Indiens, qui portaient leurs dieux suspendus au cou ; comme aussi les bijoux des dames romaines, qui ne craignaient pas de s'orner avec des priapes et autres signes d'un caractère non moins net. Sur les anneaux et les sceaux furent, de tout temps, comme on le voit par les curiosités conservées dans les musées, enchâssées des pierres gravées ou des pierres précieuses par une sorte de sertissure analogue à celle que nous avons décrite, ou bien il y était placé des mains entrelacées, des témoignages d'amour, des dictons, des souhaits. On possède de ces sortes d'objets provenant de toutes les époques, depuis le temps des Grecs et des Romains jusqu'à nos jours.

§ 7. *De la bijouterie en creux*. Les bijoux précédents ne se firent d'abord que massifs, avec le marteau et la lime. Mais le luxe s'introduisant dans les classes inférieures de la société, et le prix trop élevé du bijou massif n'étant plus en rapport avec l'état de fortune des consommateurs de plus en plus nombreux, on sentit la nécessité de faire à meilleur marché, et c'est ce qui donna naissance au *bijou creux*. Ce bijou ne consista guère pendant longtemps qu'en la reproduction des quatre pièces désignées fig. 2055 à 2058, mais à des prix infiniment plus bas. Il y a une quarantaine d'années, cette fabrication, qui portait sur quelques autres bijoux de forme plus gracieuse et plus variée, était très considérable. Aujourd'hui, elle ne produit plus que pour les provinces de France, d'Espagne, et encore un peu pour l'Amérique. Le bijou creux a encore une certaine vogue dans les campagnes, parce qu'il est d'un bon marché fabuleux. Voici comment on le fabrique :

L'ouvrier, qu'on appelle *creusiste* dans cette partie, estampe dans une matrice deux pièces semblables ; il en ébarbe les bords à la lime, puis, afin de rendre les parties qui doivent être jointes parfaitement plates, il les passe sur une pierre dite pierre à dresser. Il remplit ensuite de soudure en limaille ou en paillon les coquilles formées, dans une proportion que l'habileté du travail indique, attache avec un fil de fer les deux coquilles et les soude à la lampe, comme il a déjà été dit. La pièce est alors remise à la polisseuse qui la termine.

Cette fabrication est celle qui prête le plus à la fraude. On a introduit beaucoup de soudure à très bas titre dans des feuilles de plané d'une minceur extrême, et on a eu des bijoux de si peu de valeur que les consommateurs n'en pouvaient plus rien tirer lorsqu'ils voulaient s'en défaire, et qu'ils ont fini par s'en dégoûter.

§ 8. *Du filigrane*. — Le bijou *filigrane*, c'est-à dire fait en fils d'or ou d'argent, est le bijou léger par excellence ; aussi convient-il de préférence à tous les autres genres, dans les pays où l'ardeur des rayons du soleil rend insupportable l'emploi des bijoux massifs. Ses formes gracieuses et sa légèreté l'ont fait rechercher, pendant nombre d'années, dans toute l'Amérique, une partie de l'Asie et dans toutes les Antilles. Ce genre de bijou n'est point né en France, quoiqu'il y ait été fabriqué dès le sixième siècle, c'est-à-dire dès les premiers temps de l'orfèvrerie française. Ainsi, Notre-Dame de Paris possédait une grande croix en or travaillée en filigranes, offerte par Jean, duc de Berri, en 1406 (1), et qui était due à saint Éloi, le premier des argentiers de Limoges, le patron célèbre des artistes français. Les filigranes se retrouvent sur un grand nombre de monuments d'orfèvrerie sacrée appartenant à tous les siècles, depuis le sixième jusqu'au seizième, sur des reliquaires, des bustes de saints, des châsses, des croix (2). Toujours ces filigranes forment des treillis à volutes et à circonvolutions, semés de distance en distance de points circulaires ; le cercle, en repos ou en mouvement, fait tous les frais de cette décoration.

On retrouve les bijoux en filigranes chez les Maures, les Mexicains, avant la conquête de leur pays par les Espagnols. C'est le bijou des Chinois, qui paraissent ignorer qu'il existe d'autres genres, et enfin le bijou de beaucoup d'Indiens. Ces derniers, toutefois, le faisaient lourd, empâté par la soudure, hideux dans les formes.

(1) Gilbert. *Description de N.-D. de Paris*, page 525.
(2) *Essai sur les argentiers et les émailleurs de Limoges*, par l'abbé Texier, page 53

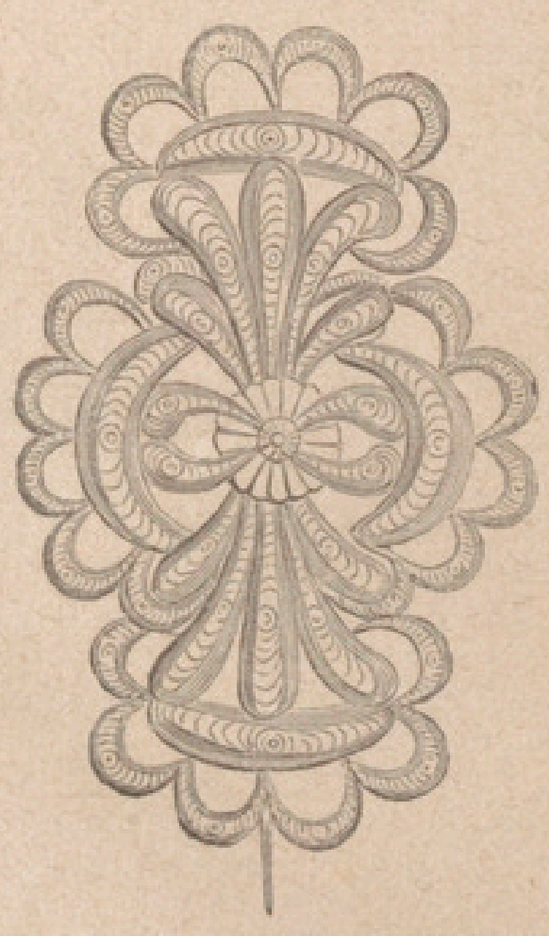
ORFÉVRERIE.

Les Chinois, au contraire, savent le fabriquer depuis bien des siècles avec une rare perfection. Le travail matériel ne laisse rien à désirer ; les soudures sont parfaites, et ce n'est pas un petit mérite, car le bijou en filigranes présente beaucoup de difficultés sous ce rapport ; sa légèreté est si extraordinaire, que c'est à peine si de nos jours on peut en approcher. Malheureusement tous les bijoux chinois pèchent essentiellement par la forme, par l'ornementation, par le goût. Les Génois exécutent aussi d'une manière remarquable, sous le rapport du travail matériel, les bijoux en filigranes, mais on doit leur adresser le même reproche qu'aux Chinois, ils manquent de goût et de variété.

C'est en France que ce genre de bijoux est le mieux réussi. Au lieu de laisser le *filigrane* proprement dit faire tous les frais de l'ornementation, aussi bien que de la charpente du bijou, les artistes français ont appelé à leur aide les ornements brunis, les émaux, les ors de couleur, le guilloché, la gravure, les dessins de toute nature ; aussi ils sont arrivés à embellir, à varier de tant de manières ce bijou, que partout on le préfère maintenant, quoiqu'il soit encore un peu moins léger que celui des Génois et des Chinois. Pour la bijouterie comme pour les bronzes et tous les arts d'ornement, la France est aujourd'hui le premier pays de la terre ; nulle part le goût des formes, la délicatesse de la main-d'œuvre, l'élégance, la grâce et la variété des dessins, ne sont portés à un si haut degré de perfection. C'est ce qui lui donne une prépondérance marquée, et une supériorité réelle sur toutes les autres nations.

Les dessins représentés par les fig. 2059 et 2060, montrent les différences essentielles qui existent entre le filigrane français et le filigrane chinois ou génois. Longtemps on l'a fait chez nous de ce dernier genre ; on l'a rendu plus séduisant en y introduisant les ornements que l'on voit fig. 2060

Le filigrane proprement dit est un bijou dont l'ornementation, qui dans un autre genre serait faite en *plané* d'or uni ou gravé, est exécutée au moyen de deux fils d'argent ou d'or, très fins, tordus ensemble de manière à imiter une corde d'une grande ténuité. A l'œil nu, cette corde semble être un fil gravé. On contourne ce fil à l'aide de tenailles de diverses formes, et de différents autres outils que l'ouvrier invente à chaque instant, et l'on parvient à former ce travail intérieur, merveilleux par sa petitesse, dont nous plaçons deux dessins sous les yeux de nos lecteurs. Chez les Génois et chez les Chinois, l'ornementation est due uniquement à ces contournements multipliés, ainsi que le montre la broche, fig. 2059 ; chez nous elle est complétée par un grand nombre d'accessoires (fig. 2060). A, est un oiseau estampé en quatre parties *d*, le corps, la queue et les ailes (fig. 2064). Sur ces pièces sont ajoutées de petites parties en ors de diverses couleurs, rouge, vert, blanc et jaune; ces petites parties sont ciselées de manière à imiter les plumes ; ce travail produit le plus charmant effet. Les pièces B sont toutes en filigrane proprement dit; elles



2059.

sont faites séparément de la manière suivante. Nous donnerons nos explications en prenant pour exemple la feuille du centre, les autres pièces étant obtenues par le même



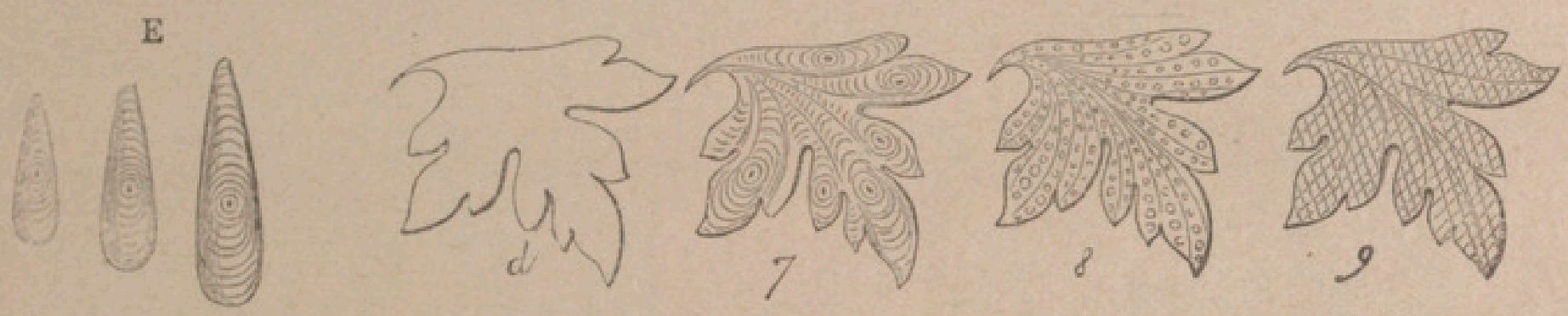
2060.

procédé. On prend un fil que l'on contourne de manière à lui donner la forme de la feuille *d* (fig. 2061), dont on soude les extrémités. En E (fig. 2062), sont représentés de petits ornements en fil tourné que l'on place en divers sens, à l'aide d'un petit pinceau et de gomme, sur une tôle extrêmement mince, où est déjà fixé le fil *d* précédent. Quand on a ainsi bâti à plat, on fait sécher la gomme ; toutes les parties adhèrent légèrement les unes aux autres. On humecte alors de borax dissous dans l'eau, et on couvre légèrement de soudure en limaille. On porte à la lampe, et on obtient une feuille qui se détache de la tôle et se trouve être à jour comme une passoire; elle est cependant assez solide, car toutes les parties étant réunies par la soudure ne forment plus qu'un seul tout. On termine en donnant le mouvement à cette feuille comme si elle était d'un seul morceau de plané, et on obtient la feuille 7 (fig. 2063). Ce travail est, comme on voit, fort minutieux, et par conséquent il demande beaucoup de temps. Ce n'est qu'après une longue habitude que l'ouvrier peut le faire à bon marché. Les pièces indiquées par la lettre *c* (fig. 2060) sont de petites boules faites au moyen de deux coquilles soudées l'une à l'autre ; ces pièces sont unies et brunies. Leur éclat fait le meilleur effet à côté des parties de filigrane B, et des ors de couleur *d*. Toutes ces pièces, c'est-à-dire les quatre parties (fig. 2064) de l'oiseau A, les filigranes B, les boules *c*, sont ensuite réunies et groupées ensemble de la manière la plus avantageuse et la plus gracieuse, et comme nous l'avons expliqué, soit pour les autres bijoux, soit pour la joaillerie.

Malgré tous les avantages incontestés du filigrane français, il trouvait une rude concurrence dans le filigrane génois ou chinois. Ce dernier, à cause du bas

prix de la main d'œuvre, était vendu beaucoup meilleur marché que celui provenant de Paris, où la *façon* est très chère. Le travail mécanique, qui fait vite et à bon marché, pouvait seul rétablir la balance ; il a été introduit dans la fabrication du filigrane. On commença d'abord par tourner un fil sur un petit mandrin rond; on coupa ensuite le fil placé sur le mandrin, le long d'une arête du cylindre constituant ce mandrin ; il en résulta de tout petits anneaux qu'on plaça dans les feuilles, comme les ornements 8 (fig. 2065), et l'on obtint ainsi un filigrane nouveau très joli, très commode, et bien meilleur marché que le premier.

Ce genre fut très goûté pendant plusieurs années, mais on finit par s'en lasser. La néce-sité de faire encore à meilleur marché, si c'était possible, donna l'idée d'employer la toile métallique. On ne faisait jusqu'alors que de la toile de cuivre; on fit de la toile d'or et d'argent, et on s'en servit pour remplacer les anneaux. Ce genre de filigrane 9 (fig. 2066) revient à meilleur marché que celui à anneaux, parce qu'un ornement, de quelque grandeur qu'il soit, est couvert en



2062. 2061. 2063. 2065. 2066.

un instant par la toile, tandis que les anneaux avaient besoin d'être soudés les uns aux autres, et ensuite soudés au fil du contour ; la toile n'est soudée qu'à ce dernier.



2064.

Ce genre présente pour la fabrication un tel avantage, que bien qu'il date de dix à douze ans, on l'emploie encore le plus souvent.

Le besoin toujours impérieux en France de faire du nouveau, a encore donné naissance à un genre différent des trois genres que nous venons déjà de décrire; c'est l'imitation du filigrane de Gênes, par le moyen du découpoir et de l'emporte-pièce. Ce genre revient à très bon marché, mais il faut convenir qu'il fournit des objets moins jolis que lorsque l'ouvrier peut mettre un peu de sa fantaisie et de son goût dans des produits essentiellement capricieux de forme et d'aspect.

Tous ces genres de filigrane sont sortis des ateliers de M. Christofle, qui le premier en dota l'industrie. A l'exposition de 1839, il avait exposé cinq petits oiseaux d'argent dont l'exécution était parfaite, mais avait coûté des peines infinies. Chaque oiseau, copié d'après nature sur des colibris, pesait à peine 4 grammes 1/2, c'est-à-dire que la matière ne valait que 1 fr.; la façon s'élevait pour chacun à 250 fr. Ces bijoux, contrairement à la plupart des joyaux, n'ont donc guère d'autre valeur que celle qui leur est donnée par le travail exquis de l'artiste. Pour nous, cette dernière valeur est plus précieuse que celle du plus beau diamant.

§ 9. *Bijouterie de corail.* — Quelque riche et agréable que soit la couleur du corail, son emploi dans les parures européennes et, par suite, son cours et ses débouchés sont soumis aux caprices de la mode : tantôt le commerce suffit à peine aux demandes, et tantôt les magasins sont encombrés de ce produit. Il n'y a en France que trois fabriques de corail; elles sont situées à Marseille; elles emploient 350 ouvriers, dont 225 à Marseille, 90 à Cassis et 35 à Aix. La pêche du corail se fait, comme on sait, dans les eaux de la Méditerranée, particulièrement sur les côtes d'Afrique, dans le détroit de Messine et les eaux des îles de l'Archipel; 300 bateaux montés de 3.000 marins alimentent les fabriques de Marseille. Ces marins sont tous des Italiens ; autrefois c'étaient des pêcheurs des ports de Marseille et de Cassis : ces derniers ont renoncé à une industrie trop peu lucrative en présence de la concurrence que leur faisaient les pêcheurs étrangers. On se sert pour cette pêche de triangles ou de barres en fer disposées en croix, portant un filet aux extrémités de chacune des branches ; au milieu de cet instrument est fixée une grosse pierre, à laquelle est attachée une corde assez longue pour qu'on puisse le promener au fond de la mer. Par ce moyen, on détache le corail de sa gangue ; on le brise, et ramène les morceaux à la surface. On estime moins les coraux dont les polypes n'existent plus, et qui ont servi d'attache à plusieurs autres animaux marins. On dépouille le corail vivant de son écorce charnue, et l'on met à nu son axe pierreux ; on donne ensuite à celui-ci, par des procédés mécaniques analogues à ceux usités dans la taille de toutes les pierres, la forme et le poli qu'on désire.

Les actes de la compagnie des concessions en Afrique font remonter au quinzième siècle l'établissement de l'industrie de la taille et de la mise en œuvre du corail à Marseille ; ils évaluent ses produits à 5 millions de francs par an. Cette industrie avait dès lors pour rivales les fabriques de Naples. Pendant la révolution, elle tomba entièrement pour ne se relever que sous le gouvernement impérial; elle mena, sous la restauration et jusque vers 1835, une existence assez précaire. Depuis cette époque seulement, son succès paraît établi, grâce au perfectionnement des procédés apportés dans la fabrication par les deux principales maisons qui s'occupent de ce genre d'industrie, celles de M. Barbaroux de Mégy et de MM. Bœuf et Garaudy. Ces maisons fabriquent aussi bon marché que les fabriques italiennes, et leurs produits sont bien supérieurs sous le rapport du goût et de la forme.

D'après les relevés des douanes pour 1843, les fabri-

ORFÈVRERIE.

ques de Marseille ont reçu 6.654 kilogrammes de coraux bruts, réduits en coraux ouvrés à 2.352 kil.

Dont pour le commerce intérieur. . 500

Et pour l'exportation. 1.852

Les 2.352 kilogrammes de corail ouvré peuvent être évalués à. . . . . 1.470.000 fr.

Dont pour l'intérieur. 570.000

Et pour l'étranger 900.000

La bijouterie de corail se bornait autrefois à la façon des grains ronds et des olivettes; aujourd'hui les fabriques de Marseille font une foule d'objets de toute espèce, le corail perlé et le corail à facettes, les camées, les sujets de ciselure les plus variés, les objets les plus capricieux.

Les objets connus sous les noms de *grossesse*, *mezzanie*, *capiresti* et *ordini* sont des grains de différentes grosseurs enfilés et réunis en un nombre de fils plus ou moins grand. Ces objets ont leur principal débouché en Russie, où l'on en fait des colliers; en Turquie et dans le Maroc, où ils doivent nécessairement accompagner dans la tombe le musulman que ses parents croiraient sans cela livré au mauvais génie, dans l'Inde, où ils servent à compter les prières du bramine et du faquir; de là ils se répandent en Chine, où ils sont très recherchés. Madagascar offre aussi à nos fabriques un débouché important; les chefs malgaches en font leur principal ornement, soit sous forme de colliers, soit sous forme de bracelets.

Les objets connus sous le nom d'olivettes ou tuyaux de pipes, dont le nom indique suffisamment la forme, de masses pérettes, réunion de petits morceaux de corail en forme d'oursins, de massettes, petites masses de grains unis, constituent la principale exportation que nos fabriques font au Sénégal, en Guinée, dans la Gambie et dans le Brésil. L'Afrique fait aussi une grande consommation de ces objets, qui sont la parure favorite des négresses.

Les objets de fantaisie et d'art, les camées, etc., sont surtout destinés à la consommation intérieure ou au moins européenne.

§ 10. *Bijouterie et travail ou mise en œuvre des matières à faire les camées.* — Le travail et la mise en œuvre des matières à faire les camées constituent certainement une industrie importante, quand on le considère sous le point de vue de l'art; mais ses produits sont trop peu nombreux pour que nous puissions lui accorder beaucoup de place. Nous emprunterons seulement quelques détails au rapport de M. Héricart de Thury sur la dernière exposition de l'industrie. « Les anciens, dont les chefs-d'œuvre en tous genres, dit ce savant et digne appréciateur des productions à la fois industrielles et artistiques, prouvent avec quelle perfection ils exerçaient et cultivaient la statuaire et la sculpture, nous ont laissé en agates, sardoines, onyx, jaspes, nicolos, et autres pierres précieuses, des témoignages irrécusables de la haute supériorité à laquelle, dans les temps les plus reculés, était parvenue la lithoglyptique, l'art de graver les pierres dures en creux ou en relief pour en faire ces précieux camées, dans lesquels l'habileté des artistes savait profiter des accidents et des couleurs des pierres, pour produire les délicieux et charmants effets qui donnent une si haute valeur aux sujets, têtes, figures ou groupes représentés sur ces pierres, dont on voit de riches collections dans les musées de Rome, de Naples, de Paris, de Vienne, etc.

« Le prix élevé des camées, la rareté des agates onyx ou rubannées, leur dureté, la difficulté de répondre aux demandes des amateurs et des joailliers-bijoutiers, ont fait chercher, il y a déjà longtemps, les moyens d'imiter artificiellement les camées, et, après bien des tentatives, on a reconnu que la coquille marine, *le grand casque des Indes orientales*, dont le test présente des couleurs blanches, roses, jaunes, brunes, etc., était la matière la plus favorable pour la confection des camées artificiels, cette belle substance étant par sa nature assez dure pour résister au frottement.

« Cette industrie a longtemps été exploitée avec succès à Rome, qui en fournissait les collections d'amateurs et tous les bijoutiers de France, d'Angleterre et d'Allemagne.

« D'après le succès des camées de Rome, quelques essais ont été tentés en France. Les plus remarquables furent ceux des concours ouverts par l'Académie des Beaux-Arts de l'Institut, et on se rappelle qu'à la suite de l'un de ces concours l'Académie mit sous les yeux de Napoléon un grand camée de sardoine onyx le représentant en costume impérial, et qu'il en fut si satisfait qu'il ordonna que l'artiste fût dignement récompensé, et mis en état de former une école de glyptique, dans laquelle de jeunes sourds-muets apprendraient la gravure en creux et en relief sur pierres dures.

« Les guerres dans lesquelles Napoléon s'engagea, les désastres qui les suivirent, ne lui permirent malheureusement point de donner suite à ses bienveillantes et généreuses intentions. De son côté, l'Académie des Beaux-Arts ayant cessé ses concours, les essais de nos artistes furent abandonnés, et les ateliers de Rome, de Florence, de Venise et de Naples continuèrent seuls à prospérer et à répandre partout les camées. Dans ces dernières années cependant, à la demande de quelques-uns de nos premiers bijoutiers, plusieurs jeunes graveurs ont tenté de nouveaux essais, en prenant pour modèles les plus beaux camées antiques, et les succès de quelques-uns d'entre eux ayant outrepassé leurs espérances, ils ont formé des ateliers de lithoglyptique. Ainsi, et grâce aux efforts de MM. Michellini, Weiss-Muller, Lalondre, Salmsonn, etc., nous pouvons nous flatter de voir bientôt l'art de la gravure en pierres fines et pierres dures se relever parmi nous.

« Quant à la gravure des camées de coquilles, elle est aujourd'hui exercée en France avec le plus grand succès, et nous dirons même avec autant de talent et de perfection qu'en Italie. Ainsi les camées de MM. Albita-Titus, Reynaud, Lamant, Blanchet, de Grégory, Bertoux de Marseille, etc., soutiennent la comparaison avec ceux des plus habiles caméistes de Rome. » Les camées français ont, du reste, dès ce moment, un avantage marqué sur les camées romains; ils sont sensiblement moins chers. Cette modicité de prix tient à l'introduction du tour à portraits dans cette fabrication; le tour permet de pousser rapidement, et à peu de frais, les ébauches jusqu'à un point extrêmement avancé; l'artiste n'a plus que le dernier fini à donner.

§ 11. *Bijouterie en mosaïque.* — Il y a peu d'années que l'on a essayé à Paris un genre particulier de mosaïque, celui de la mosaïque fine de la bijouterie, exploitée avec tant de succès à Rome et à Florence, d'où l'on nous apportait tous ces charmants sujets d'épingles, de plaques de colliers, de broches, de boîtes, de tabatières et de tableaux. Le succès obtenu fait espérer les plus heureux résultats; il sera dû à M. Philippe, artiste mosaïste, élève de l'école de M. Belloni, de cette école que Napoléon fonda dans l'espoir de doter la France d'une industrie nouvelle, jusqu'alors l'apanage de l'Italie et surtout de Florence, où les puissants encouragements des grands-ducs de Toscane ont fait arriver la mosaïque de marqueterie à un haut degré de splendeur.

La mosaïque appliquée à la bijouterie est exploitée avec le plus grand succès par M. Morel, dont les produits ont été particulièrement remarqués à l'exposition de 1849. Cette mosaïque se fait avec de petits dés ou cubes de pierres naturelles de diverses couleurs, agates

ORFEVRERIE

jaspes, etc., etc., taillés et polis, ou bien avec des émaux également taillés et polis. Les cubes sont fixés dans un ciment, de manière à représenter des oiseaux, des fleurs, des fruits, des feuillages et une foule d'autres objets.

On connaît deux sortes de ciments : 1° un ciment qui durcit facilement, qui est blanc, et qui se prépare avec 1 p. de chaux éteinte et 3 p. de marbre pulvérisé, dont on fait une pâte avec de l'eau et du blanc d'œuf; 2° un ciment qui met une vingtaine de jours à durcir qui doit être employé pour les ouvrages de longue haleine, et qui se compose de 1 p. de chaux éteinte et de 3 p. de pierre travertine pulvérisée, qu'on pétrit avec de l'huile rendue siccative par de la litharge. On pratique quelques sillons dans la matière sur laquelle on veut appliquer la mosaïque, afin d'y fixer le ciment.

Les émaux sont divisés en cubes d'une grandeur proportionnée aux dimensions des objets qu'on veut produire. Ces émaux, dont on trouvera la composition chimique à l'article ÉMAIL, sont coulés sur une table de marbre; on applique par-dessus un autre marbre, de sorte que la substance se forme en gâteaux d'une épaisseur bien égale. Ces gâteaux sont polis avec de l'émeri sur une roue horizontale en plomb; ils sont ensuite divisés au moyen d'un marteau et d'une enclume d'acier appelée *tagliulo*, et qui est taillée en biseau.

§ 12. *De l'emploi des perles.* — On varie considérablement l'emploi des perles dans la bijouterie : tantôt on en fait des colliers, des bracelets, des diadèmes; tantôt on les scie en deux, et on les sertit, en les appliquant sur leur plat, de manière à former des cercles, des chiffres et autres dessins. Le commerce recherche beaucoup les perles fines; les Orientaux les estiment même plus que les diamants; mais en Europe, selon les temps, selon les lieux, la mode leur donne un prix extrêmement variable. Lorsque les perles sont grosses, sphériques, et qu'elles réfléchissent la lumière en la décomposant avec vivacité, on en fait beaucoup de cas, même en joaillerie. Malheureusement, les plus belles perles, sans qu'on en connaisse la raison, sont sujettes à perdre tout à coup le bel *orient*, c'est-à-dire la beauté de leurs reflets irisés, qui en fait tout le prix. On se sert depuis longtemps des perles artificielles que l'on fait aujourd'hui avec une telle perfection qu'il est souvent impossible à l'œil le plus exercé de distinguer les perles fausses mélangées aux perles vraies dans les parures du plus grand prix. L'abondance des perles que la mode a parfois amenées dans les toilettes a fait naître cette perfection d'imitation. On peut juger par la quantité de perles qu'on voit dans certains tableaux et portraits des quatorzième et quinzième siècles, qu'il aurait été bien difficile que les personnages représentés dans ces tableaux eussent pu réunir autant et d'aussi belles perles, si l'art n'était, dès cette époque, venu au secours des perlières naturelles d'Orient ou d'Occident, qui n'auraient jamais pu suffire à de telles exigences. Il est assez remarquable, du reste, que les Indes nous renvoient des perles naturelles en échange de nos perles artificielles de Paris. Quant aux perles, boutons, broches, etc., en verre coloré, transparent ou opalin, de toutes formes et de toutes couleurs, qui constituent la verroterie, leur fabrication, dit M. Péligot dans son rapport sur l'exposition de l'industrie autrichienne, en 1845, est, pour ainsi dire, le monopole de la Bohême, surtout à cause du bas prix fabuleux auquel elle livre ces objets. Cette fabrication, concentrée aux environs de Liebenau et de Gablonz, est alimentée par trois verreries et occupe environ 40,000 ouvriers. Malgré la prohibition qui frappait jadis ces produits, le marché français en était approvisionné par la contrebande.

§ 13. *Des perles de roses de Turquie.* — La Turquie fait un assez grand commerce d'une composition connue sous le nom de *perles de roses*. Nous allons indiquer en peu de mots, d'après le *Manuel Roret*, comment se fait cette composition qu'il est facile d'imiter partout. Il ne s'agit que de prendre des pétales de roses fraîches, et de les piler avec soin dans un mortier de fonte bien poli, jusqu'à ce qu'elles soient bien écrasées et qu'elles forment une pâte unie. On étend cette pâte sur une tôle, et on la fait sécher à l'air. Quand la pâte est presque sèche, on la pile de nouveau avec de l'eau de rose; on répète cette opération jusqu'à ce que la pâte soit devenue très fine. Alors on lui donne la forme qu'on désire, soit avec les doigts, soit avec une machine assez semblable à celle qui sert à couper les pilules. On perfore ensuite la pâte afin de pouvoir passer un ruban dans les espèces de perles qu'on en a fabriquées. On peut aussi la mouler et en composer divers objets propres à faire des bracelets. La pâte est de nouveau séchée, et elle devient très dure. Les perles sont polies, et enfin arrosées et frottées avec de l'huile de roses qui leur donne plus d'odeur.

La pâte des feuilles de roses ainsi préparée prend une couleur noire très prononcée due à l'acide gallique qui se combine dans les roses avec le fer. On y mêle souvent, outre l'huile de roses, du storax et du musc pour rendre les perles plus odorantes. Leur couleur noire relève assez bien la couleur de la peau des femmes, c'est ce qui explique, avec leur forte odeur tant aimée des Orientaux, leur succès dans les parures.

§ 14. *Bijouterie de deuil.* — « Anciennement faite, dit le rapport du jury de l'exposition pour 1844, avec le lignite jais ou jayet, auquel on a renoncé à cause de son peu de durée et de sa friabilité, la bijouterie de deuil se fait aujourd'hui en verre noir, en émail noir, en fonte, en acier, fil de fer, etc. On compte, dans Paris, plus de quarante fabriques qui font cette bijouterie, et qui occupent ensemble plus de quatre cents ouvriers intérieurement, et au moins autant en dehors des ateliers. » Les bijoux de deuil de la fabrique parisienne, remarquables par l'élégance et le bon goût des dessins, ont obtenu un très grand succès et sont très recherchés en France et à l'étranger à raison de la modicité de leurs prix. Ils revêtent toutes les formes les plus élégantes de la bijouterie, celles de bouquets, broches, pendants d'oreilles, boucles, peignes, etc. Le verre noir taillé en cristaux, perles, plaques, etc., est monté sur de la tôle vernie et y est attaché au moyen d'un mastic qu'on ramollit par la chaleur de la lampe à esprit-de-vin.

On taille encore et polit le jayet pour quelques bijoux de deuil et pour divers ornements qui sont exportés en Espagne, en Allemagne, dans le Levant, et en Turquie. Ce travail se fait surtout à Sainte-Colombe, au moyen de meules mises en mouvement par l'eau; le centre de ces meules est uni et la circonférence raboteuse; par cette disposition, on taille et polit le jayet sur la même meule. On donne la préférence au jayet provenant d'Espagne où il est entremêlé avec le succin.

§ 15. *Du bijou doublé et du bijou doré.* — En parlant du bijou creux nous aurions pu ajouter que, depuis quelques années, on fait du bijou doublé, c'est-à-dire du bijou dont l'intérieur est en cuivre et l'extérieur en or. Ce genre de bijoux, dont les formes sont fort restreintes, se fait maintenant si mauvais, qu'il se vend à raison de 25 francs les 30 grammes, matière et façon. Cette fabrication est un malheur pour le commerce de la bijouterie, parce qu'on se sert du bijou doublé pour tromper impudemment l'acheteur; on le vend non pour ce qu'il est, mais bien pour de l'or. Cela peut jeter quelque défaveur sur le bijou français qui a acquis, sous le rapport du titre, une célébrité jusqu'à ce jour bien méritée.

La fabrication du bijou en cuivre, dit bijou doré, bien préférable au bijou doublé, et destiné d'ailleurs à satisfaire aux mêmes besoins, a fait de son côté des progrès remarquables, et s'est élevée dans ces derniers temps

à un haut degré de perfection. L'innombrable quantité de bijoux que l'on fait du même modèle permet de mettre la façon à très bas prix. C'est un immense avantage que possède cette fabrication sur celle de la bijouterie d'or. Au reste, le bijou en cuivre, quoique bon marché, revient toujours cher, en ce qu'il se détériore si facilement qu'il ne peut bientôt plus passer aux yeux les moins experts, que pour ce qu'il est.... du faux. Une bonne fabrication seule pourrait soutenir cette industrie qui, après une grande prospérité, décline rapidement, ainsi que nous l'avons dit dans les généralités où nous avons essayé de faire comprendre les catégories diverses à introduire dans la bijouterie.

SECTION III. DE L'ORFÈVRERIE.

De la description des procédés de fabrication des divers ornements faits de matières précieuses dont se parent les personnes, nous passons à l'orfèvrerie proprement dite, qui a pour fonction l'ornementation des édifices sacrés ou profanes et des habitations particulières, surtout dans les moments de pompe et de réception. Pour les édifices sacrés, l'orfèvrerie fabrique, comme le dit le moine Théophile dans son *Essai sur divers arts*, DIVERSARUM ARTIUM SCHEDULA, ouvrage qui remonte au moins au treizième siècle : « les calices, les candélabres, les encensoirs, les vases des saintes huiles, les burettes, les châsses des reliques saintes, les croix, les missels et autres objets qu'une utile nécessité réclame pour les usages de l'église, sans lesquels les divins mystères ni le service des autels ne peuvent s'accomplir. » Pour l'ornementation des palais et des édifices, l'orfèvrerie fabrique les coupes, les vases, les candélabres, etc., destinés à décorer les cheminées que et l'on donne en prix dans les courses ; les miroirs, les corbeilles de mariage, qui se trouvent dans les riches boudoirs ; la vaisselle plate ou montée, les couverts, les emmanchements des couteaux, les corbeilles de fruits, les théières, les plateaux, les seaux à rafraîchir, et tant d'autres objets destinés au service de la table. Nous ne pouvons pas avoir pour but, dans cet article, de décrire avec détail les procédés que suit l'orfèvre pour fabriquer tant de produits divers. Nous devons nous borner à poser des principes généraux, et à indiquer les perfectionnements nouvellement introduits dans cette industrie. Nous commencerons donc par quelques considérations générales sur la direction que nous voudrions voir prendre aux orfèvres ; nous parlerons ensuite des styles trop souvent confondus, de l'emploi des nielles et des émaux trop rarement employés, et enfin de la fabrication mécanique de certains objets, fabrication tout à fait renouvelée dans ces dernières années.

§ I. *Du véritable but de l'orfèvrerie.* — Toutes les productions de l'orfèvrerie doivent être envisagées sous deux aspects bien différents, mais qu'il ne faut jamais perdre de vue dans leur appréciation. L'art et l'industrie sont ici intimement liés l'un à l'autre. Les procédés industriels doivent intervenir pour diminuer les frais de la façon de l'objet brut et permettre d'augmenter la richesse de l'ornementation. Il faut diminuer la quantité de la matière première afin de reporter un excès de valeur intrinsèque sur le travail artistique et l'employer à donner aux objets des formes élégantes et poétiques ; on doit se garder cependant de faire une économie mesquine qui consisterait à retrancher tellement sur l'or, sur l'argent, ou sur les pierres précieuses que les formes deviendraient grêles, manqueraient de solidité et finiraient par perdre un certain aspect monumental réclamé par la plupart des produits de cette industrie : on doit ajouter au prix du métal ou de la pierre, quelle que soit leur rareté, le prix du travail intelligent mille fois plus précieux.

S'il y a une industrie qui doive être jugée sous ce point de vue, c'est sans contredit celle qui a pour but unique la création d'objets de luxe devant rehausser la splendeur des temples ou des palais, la richesse d'une table, la magnificence d'un salon. Les produits des autres industries doivent être appréciés d'une manière toute différente ; il faut qu'on tienne compte du rapport qui existe entre le prix de revient des objets et les usages auxquels ils sont destinés. Ce rapport est nécessairement déterminé par l'état de fortune de ceux qui peuvent en devenir les acheteurs. Vouloir juger les produits industriels ordinaires d'après l'apparence extérieure, la forme, la finesse, le dessin, c'est s'exposer à ne commettre qu'erreurs sur erreurs. Mais il n'en est plus ainsi, lorsqu'on est appelé à apprécier les riches objets que fabriquent l'orfèvre, le joaillier, le bijoutier, le graveur, le statuaire, avec les rares produits que les hommes arrachent aux entrailles de la terre. Cependant, il ne faut faire passer ces observations à l'état de règles que dans une certaine mesure ; il est important que les produits de l'orfèvrerie, comme les produits de tous les arts, puissent arriver, pour ainsi dire, dans toutes classes de la société, ou soient au moins abordables par les fortunes médiocres. Mais cette sorte de diffusion des objets de cet art ne doit point s'opérer, comme cela a eu lieu jusqu'à ces dernières années, par suite de la suppression de toute la partie artistique. Les riches services de table, les ornements en or, en argent, les pierres précieuses ne doivent pas être regardés comme une sorte de caisse d'épargnes ne donnant pas d'intérêts. On conçoit toute la fausseté de cette voie prise par l'orfèvrerie, dont les produits ne procurent alors qu'une jouissance de sotte vanité : *Vous voyez que je suis riche, j'ai de l'or.* C'est, au contraire, le goût des belles formes, c'est l'élégance, la grâce, le sentiment de l'art que les produits de l'orfèvrerie doivent conserver en devenant meilleur marché, afin d'importer avec eux toutes les jouissances que leur contemplation procure dans des classes jusqu'alors déshéritées, et la diminution de valeur doit provenir d'une économie bien entendue de la matière première. C'est ainsi que l'abandon du massif pour le creux est un progrès, que l'invention du plaqué peut être un bienfait, que les nouveaux procédés de dorure et d'argenture par l'électricité peuvent rendre des services signalés, que l'estampage, le moulage, tous les procédés mécaniques empruntés aux industries d'imitation, réalisent dans l'orfèvrerie une révolution heureuse, digne de tous les encouragements des véritables amis des arts.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur ces considérations, à notre avis, d'une haute importance. Nous en avons dit assez pour faire comprendre le point de vue auquel l'orfèvre doit se placer. Nous terminerons en citant un seul exemple pour montrer ce que nous désirerions toujours à un degré plus ou moins prononcé dans un objet sorti des ateliers d'un orfèvre. On a pu voir à la dernière exposition une charmante coupe en agate supportée par un cep de vigne, que nous prenons au hasard parmi les objets remarquables exposés par M. Froment Meurice. Le soc n'est pas un simple pied riche par l'argent, l'or, les pierres précieuses dont il est composé ; l'anse n'est point simplement une anse d'argent massif. Non, au pied de l'arbre, on distingue trois groupes : l'ivresse grossière représentée par Silène ; le vin rêveur inspirant un jeune poëte ; le vin tendre se joignant à l'ivresse de l'amour pour combler les joies de deux jeunes amants. La Raison humaine, représentée par une belle et voluptueuse femme, est couchée sur l'anse ; elle se laisse endormir par les vapeurs du nectar qui s'exhalent de la coupe, enlacée qu'elle est par des amours qui montent aussi vers la source enivrante. Ainsi l'on voit, à côté d'une grande habileté de mise en œuvre, les inspirations du poëte, et cependant il y a sobriété d'ornements ; chaque groupe, chaque détail s'explique par la nature et la destination de l'objet qu'il concourt à décorer.

§ 2. *Des divers styles d'orfèvrerie.* — Le *style* en orfèvrerie, comme dans tous les arts, indique ce qui forme le trait caractéristique du goût local de chaque pays, du goût spécial de chaque époque. Il sera, d'après cette définition, inutile de nous étendre sur les divers styles rencontrés dans l'orfèvrerie des différents siècles ; il suffira de dire qu'on y retrouve tous les caractères des autres arts contemporains, et surtout de l'architecture et de la décoration en général.

Dans l'orfèvrerie grecque et romaine, on retrouve la simplicité de composition, les lignes nettes et pures de l'art antique. Nos musées en offrent de nombreux modèles.

L'orfèvrerie byzantine, comme l'architecture des empereurs d'Orient, affecte des formes moins sévères, moins pures, moins classiques enfin que l'orfèvrerie antique. On y voit plus de spontanéité, de liberté et d'abandon dans les formes, moins d'étude, de calcul dans la combinaison des lignes. Mais, en revanche, une grande recherche de richesse matérielle caractérise l'orfèvrerie du *style byzantin*. On trouve à la Trésorerie d'Aix-la-Chapelle des produits de ce style, qui datent du temps de Charlemagne, et qui pourraient servir de modèle aux artistes de nos jours.

Pendant le *moyen-âge*, l'orfèvrerie brille particulièrement dans la fabrication des châsses, des reliquaires, des tabernacles, des ostensoirs, des chandeliers, des retables d'autels, des crucifix, etc. Les châsses, les tabernacles et quelquefois les reliquaires reproduisent le plus souvent les formes des églises, et suivent, par conséquent, les évolutions de l'art-matrice, l'architecture. Ainsi, jusqu'au milieu du douzième siècle et quelquefois plus tard encore, les arcatures et les baies sont en plein cintre, les figures sont très allongées, avec peu de hanches ; les plis des draperies sont verticaux, roides, parallèles et serrés ; les poils et les cheveux finement indiqués ; les costumes ornés d'une étonnante profusion de bijoux ; c'est aussi de cette manière que sont faits les principaux membres de l'architecture de ces petits monuments que représentent les châsses, les tabernacles, etc.; ils sont en outre couverts de bijoux, et on retrouve partout les quatre clous de la croix du Sauveur.

Plus tard, l'ogive remplace le plein cintre ; les figures se raccourcissent ; les formes un peu lourdes sont plus voisines des proportions humaines, et ce mouvement de contraction se poursuit si bien que, vers la fin du quinzième siècle, elles sont tout à fait trapues. Les figures du *style gothique*, au treizième siècle, ont des draperies très amples, des plis peu nombreux, mais affectant toujours un peu le mouvement vertical. Le faire de ces figures est beaucoup plus large que celui des figures du style byzantin.

A la *Renaissance*, l'imagination des artistes orfèvres prend un nouvel essor ; de religieuse qu'elle avait été, l'orfèvrerie se fait profane. Elle étudie et cherche à reproduire les formes du style antique, mais l'habitude des riches décorations de l'art ogival des quatorzième et quinzième siècles donne à ces imitations un reflet du gothique. Les rameaux de feuillages, de fruits et de fleurs sont répandus avec profusion sur les vases, les boucliers, les poignées d'épée et de poignard, etc. Les orfèvres sont d'habiles sculpteurs ; ils reproduisent les formes du corps humain avec autant de facilité et de pureté que celle des végétaux. C'est aux orfèvres que nous devons l'invention de la gravure ; c'est à eux, et particulièrement à Benvenuto Cellini (1), le grand orfèvre florentin, que nous devons les progrès que fit, à cette époque, l'art du fondeur en bronze.

(1) Benvenuto Cellini nous initie dans ses mémoires à de curieux détails sur l'état de l'art du fondeur en France et en Italie au commencement du seizième siècle ; il a publié un traité de l'art du fondeur en bronze qui servit pendant fort longtemps de *vade mecum* aux gens de profession.

A partir de la Renaissance, ou plutôt du commencement du seizième siècle, l'art de l'orfèvre se décompose en plusieurs branches ; la partie technologique se trouve moins intimement liée à la partie artistique. Les procédés de fabrication se perfectionnent, deviennent plus savants et réclament tous les loisirs de ceux qui s'y consacrent, et alors la composition des modèles est plus souvent l'œuvre d'artistes étrangers à la fabrication.

L'orfèvrerie a montré au dix-huitième siècle la flexibilité de sa nature en se pliant à tous les caprices du genre *rocaille*. On trouve des pièces d'orfèvrerie du temps de Louis XV, qui sont ravissantes de fantaisie et de caprice. Rien de régulier ; les formes les plus anti-géométriques possibles ; les lignes, les surfaces ondulées, contournées, insaisissables, indescriptibles.

Aujourd'hui, l'orfèvrerie, obéissant comme toujours aux dictées de l'architecture, affecte successivement tous les styles du passé, et même bien des styles bâtards complétement inconnus de nos pères, et que nous serions fort heureux de ne pas connaître davantage.

§ 3. *Des nielles.* — L'art de nieller, dit M. Vitet (*Études sur les beaux-arts*, t. I, p. 256), qui était fort en usage durant tout le moyen-âge, mais qui fut abandonné vers le temps de Louis X, consistait à étendre dans les tailles d'une gravure exécutée sur l'or et sur l'argent une composition métallique, espèce d'émail noirâtre, appelé en latin, à cause de sa couleur, *nigellum*, et en italien *niello* ; cet émail, qu'on fixait en le mettant en fusion, était ensuite poli avec le reste du métal. L'argent et l'or devenaient brillants dans toutes les parties que le burin n'avait pas entamées ; partout, au contraire, où il avait tracé le moindre sillon, le nielle en remplissait le creux, et par sa couleur noire faisait ressortir vivement le dessin de la gravure, ce qui produisait à peu près le même effet qu'un dessin au crayon noir tracé sur vélin. La niellure était employée pour exécuter des arabesques et autres ornements délicats ; on s'en servait aussi pour faire des portraits ou même de petites compositions historiques dans des proportions qui n'excédaient pas celles de nos miniatures. Ces espèces de médailles étaient ensuite incrustées sur des calices, sur des reliquaires ou sur des couvertures de livres d'autel ; on en décorait aussi des meubles et des bijoux. »

Les recettes pour pratiquer le nielle étaient connues avant le treizième siècle (1) ; au seizième, elles cessèrent d'être pratiquées. Après avoir été oubliée pendant trois siècles, la niellure vient de revenir à la mode ; du moins c'est par un procédé analogue à celui des anciens nielleurs que se fabriquent aujourd'hui, à Paris et à Genève, certains bijoux ornés d'arabesques niellées, et particulièrement des montres, des tabatières, des boîtes à odeur, des bracelets et des épingles. Ce n'est qu'en 1830 que, grâce au prix proposé par la Société d'encouragement, cette ornementation pratiquée depuis quelque temps en Russie, fut introduite en France par MM. Wagner et Mention. Contrairement à la méthode ancienne, les gravures sur l'argent ou l'or sont pratiquées par des procédés mécaniques ; on obtient des niellures bon marché, mais qui n'ont pas la variété, la fantaisie de l'antique.

On grave le dessin sur une plaque d'acier, on la trempe et on tire sur une plaque d'acier adouci au moyen de la pression du laminoir une épreuve en relief

(1) Ces recettes se trouvent décrites avec détail dans l'ouvrage du moine Théophile, ouvrage que nous avons cité plus haut page 2971, et qui remonte au moins au treizième siècle. l'émail dont elles donnent la composition est composé des mêmes éléments que celui dont nous parlons ci-après, et n'en diffère que par les proportions, qui étaient de 6 parties d'argent, 2 p. de cuivre et 1 p. de plomb, avec une quantité de soufre suffisante.

Cette seconde plaque d'acier sert à imprimer sur l'argent le dessin en creux.

Le nielle est composé de 38 parties d'argent, 72 de cuivre, 50 de plomb, 36 de borax et 384 de soufre. On fond le soufre dans une cornue, l'argent et le cuivre dans un creuset, et on introduit le tout dans la cornue que l'on bouche exactement pour éviter l'inflammation du soufre; on ajoute le borax; quand il ne se dégage plus de vapeurs dans le col de la cornue, on verse la matière dans un creuset de fer, on la pulvérise et on la lave d'abord avec de l'eau renfermant un peu de sel ammoniac et ensuite avec de l'eau légèrement gommée. On applique le nielle, au moyen d'une spatule, sur la plaque préparée et on la porte à la moufle; aussitôt que le mélange est bien fondu sans soufflures, on retire la pièce du feu et on la polit; le métal reste à nu et les parties ombrées sont en émail dont la teinte opposée à celle de l'argent ou de l'or produit des effets remarquables.

§ 4. *De l'emploi des émaux.* — On doit distinguer dans l'application des émaux à l'orfèvrerie trois manières correspondant à trois époques bien distinctes : 1° *Emaux incrustés*, ou sortes de mosaïques dont les diverses parties au lieu d'être réunies à froid, étaient fondues et coulées par juxtà-position du septième ou quatorzième siècle (1330); 2° *Emaux en apprêt*, ou coloration très superficielle du métal par les émaux du quatorzième à la fin du quinzième siècle (1330 à 1470); 3° *peinture en émail* sur émail cru, depuis la fin du quinzième siècle jusqu'à nos jours.

Nous extrairons les détails que nous allons donner sur ces trois manières d'appliquer les émaux à l'excellent mémoire de l'abbé Texier sur les argentiers et les émailleurs de Limoges (*Mémoires de la Société des Antiquaires de l'Ouest*, 1845). On sait que Limoges, où travaillait saint Eloi, est un des principaux et peut-être le premier des anciens centres de l'orfèvrerie française; Montpellier vient ensuite d'une manière incontestable; il a été prouvé en outre que Noyon et Rouen ont possédé d'importantes corporations d'orfèvres; enfin on ne saurait oublier Paris, car la capitale de la France a toujours été pour les arts un foyer d'activité pivotale.

Dans la première période l'émail était employé à l'embellissement des hanaps, burettes, aiguières, bagues, agrafes, colliers, poignées d'épées, couteaux, casques, boucliers, bahuts, fermoirs et couvertures de livres. Mais dans ces temps de primitive ferveur, il embellit surtout les instruments du culte et de la liturgie, calices, dyptiques, tombeaux, paix, navettes, candélabres, encensoirs, suspensoirs, retables, mitres, crosses, inscriptions votives, et principalement les reliquaires qui conservaient les ossements des fidèles honorés d'un culte public.

On le mit en œuvre de trois manières : comme fond de couleur encadrant des dessins gravés ou en relief; comme élément coloré destiné à former des ornements ou des figures; comme revêtement des figures en relief pour leur donner la valeur des sculptures coloriées de l'antiquité. L'émail se prêtant difficilement à se modeler sur les saillies et sur les creux de la ciselure, la dernière mise en œuvre fut plus restreinte et moins heureuse. Dans les deux premiers cas, des creux pratiqués presque toujours dans le cuivre reçoivent une incrustation d'émail dont l'épaisseur varie de 1 à 6 millimètres. Le métal, lorsqu'il vient affleurer à la surface, est doré. Le burin y a creusé des dessins représentant des figures isolées encadrées par des ornements d'architecture, et plus rarement des scènes composées. Les figurines en demi ronde-bosse remplacent souvent les dessins creusés dans le métal. Ces fonds monochromes en émail sont habituellement de couleur bleue.

Si l'émail est employé comme élément de peinture, un trait de cuivre doré vient affleurer à la surface, et forme les linéaments principaux du dessin, les contours et les tiges des fleurs, le trait des figures et les lignes principales de l'architecture et de l'ornementation. Dans les creux du cuivre, et sans en dépasser les parties ménagées, sont incrustés des émaux diversement colorés, et la juxta-position de leurs teintes forme le fond de couleur des figures, dont le trait est tracé par des saillies de métal à fleur de paroi.

Voici maintenant la technique de l'incrustation : le cuivre, préalablement dressé, poli et creusé avec des burins plats, des ciselets et des échoppes, recevait les pâtes liées au moyen d'un liquide glutineux. Mais certains émaux étant plus facilement vitrifiables que d'autres, ils n'étaient réunis et placés qu'en dernier lieu; des incrustations de calcaire, destinées à disparaitre plus tard, réservaient leur place. A ces coulées successives ou simultanées succédait un polissage à la meule. Enfin la dorure était appliquée. La température nécessaire pour fixer l'or étant moins élevée que la température à laquelle se fondait l'émail, les incrustations n'avaient pas à souffrir de cette exposition au dernier feu.

« La pratique de cet art, qui donnait aux instruments du culte des couleurs inaltérables et un éclat éternel, est elle à jamais perdue? s'écrie l'abbé Texier, faudra-t-il nous contenter toujours de cet éclat éphémère de l'orfèvrerie moderne, plusieurs fois renouvelé dans le cours d'une année? Nous avons l'espoir d'assister à la résurrection d'un art important. » Puisse le court extrait que nous venons de donner hâter ce moment!

Dans la seconde époque, l'époque de transition, les couleurs émaillées sont étendues immédiatement sur le métal par le pinceau, et n'y sont retenues que par la fonte, qui détermine l'adhérence. Le métal ne joue plus un rôle dans la composition; il sert seulement au même usage que le bois, le parchemin et la toile pour les peintures en miniature et à l'huile. Le caractère principal de ces *émaux en apprêt ou en plein* consiste dans l'absence des demi-teintes, dans la translucidité de l'émail qui permet le plus souvent d'entrevoir le métal, dans la rareté des ombres superposées à cette peinture du premier jet, et qui ne se rencontrent guère que dans les carnations pâles et légèrement vitrées; ces peintures sont en outre émaillées au revers.

A la fin du quinzième siècle, eut lieu un autre changement qui facilita beaucoup le travail des peintres émailleurs, mais qui diminua l'éclat de leurs œuvres; ils ajoutèrent un fond d'émail blanc entre la peinture et le métal.

Au seizième siècle, il y a mélange de cette méthode avec celle de l'incrustation; aussi les draperies sont émaillées en plein par parties, mais il y a voisinage de couleurs franches et de couleurs superposées. L'emploi sage et combiné des deux manières caractérise les maîtres de cette époque, et c'est là la cause de la finesse du dessin dans les fonds et les chairs, et d'autre part de l'éclat chatoyant et changeant des draperies violettes, rouges, vertes et bleues.

Au dix-huitième siècle, et de nos jours, il n'y a plus que peinture d'émail sur fond d'émail; la technique est la même que celle de la peinture sur verre; nous ne devons donc pas nous y arrêter.

§ 5. *De l'argent employé dans l'orfèvrerie.* — Depuis assez longtemps la rareté de l'or a conduit à n'employer ce métal que très exceptionnellement dans l'orfèvrerie proprement dite, c'est-à-dire qu'il concourt seulement, comme le font les pierres précieuses, les nielles et les émaux, à la décoration générale des pièces. L'orfèvrerie d'or se borne à la fabrication de peu d'objets; presque tout l'or (je ne parle pas de celui qui est à l'état de dorure), mis en œuvre par l'industrie, est employé dans la bijouterie. Nous n'avons rien à ajouter à ce que nous avons dit dans la 2e section de notre article. Nous

nous occuperons seulement ici de l'orfèvrerie d'argent.

L'argent employé dans l'orfèvrerie est au titre n° 1, c'est-à-dire à 950 millièmes, ou au titre n° 2, c'est-à-dire à 800 millièmes. Les soudures dont on se sert sont fortes ou faibles, c'est-à-dire qu'elles sont peu ou assez fusibles; elles sont au huit, au six, au quart et au tiers, c'est-à-dire qu'elles contiennent un huitième, un sixième, un quart ou un tiers de cuivre rouge, et le reste en argent; plus il y a de cuivre, plus la soudure est fusible.

On emploie encore quelques soudures dont voici les formules:

Argent, 2 parties; bronze, 1 p. On ne laisse pas longtemps en fusion.

Argent, 4 parties; bronze, 3 p.; arsenic, 1/4. On coule aussitôt la fusion.

Argent, 2 parties; clinquant, 1 p.; arsenic, 1/2.

Argent, 1 partie; bronze, 1 p. Quand la fusion est opérée, on ajoute 1 partie d'arsenic. On brasse, et un instant après on coule.

Quand la soudure est coulée, on la bat bien mince et on la coupe en paillettes.

La supériorité de l'orfèvrerie française sur l'orfèvrerie étrangère ne repose pas seulement sur sa forme, son dessin, son exécution. Il existe, par exemple, en Allemagne des orfèvres d'un grand mérite, produisant des œuvres fort remarquables. La supériorité commerciale de l'orfèvrerie française, ce qui la fait préférer à l'étranger à toute autre, provient de la marque appliquée par le bureau de garantie.

En Allemagne, il n'existe point de poinçon de garantie, ni d'essayeurs ayant pour mission de vérifier le titre des objets, quoique des titres, à peu près les mêmes que les nôtres, soient déterminés par les lois. Aussi quelle anarchie règne dans les transactions commerciales! On est constamment trompé; les objets fourrés ne sont pas rares, et on vend, comme de l'or ou comme de l'argent, des alliages qui contiennent à peine ce qu'il faut de ces métaux précieux, pour donner passagèrement aux objets un aspect mensonger.

§ 6. *De l'orfèvrerie d'art.* — L'orfèvrerie d'art, c'est-à-dire celle qui a pour but la fabrication des pièces d'ornementation exceptionnelle, de quelque riche coupe destinée à être donnée en cadeau ou en prix, d'un service de table sortant des modèles ordinaires, emploie encore aujourd'hui les procédés anciens, qui du moyen âge sont arrivés jusqu'à nos jours. La charpente de pièces qui ne doivent être répétées (car alors on a recours aux procédés mécaniques décrits ci-après), est, le plus souvent, tout entière forgée au marteau et à la main; les moyens mécaniques ne sont employés que pour les parties rentrant par leur nature dans la fabrication ordinaire.

Ce qui fait le caractère particulier de l'orfèvrerie, c'est l'emploi de la *rétreinte* qui, employée comme dans la chaudronnerie, sert à donner les formes voulues à l'aide du marteau, et en utilisant la ductilité des métaux précieux.

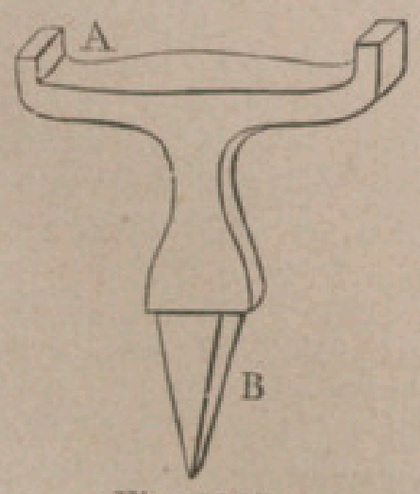


Fig 2067.

Ce travail est pratiqué de deux manières différentes, suivant que l'on emploie un moule résistant pour avancer beaucoup le travail, ou que l'orfèvre fait naître le relief dont il a besoin par le seul travail au marteau sur l'enclume.

Dans le premier cas on exécute d'après le modèle en cire de l'objet un moule en métal fondu, sur lequel on vient appliquer la feuille d'argent par l'action d'un maillet de bois et on obtient ainsi tout l'ensemble du relief voulu. Cest ce qu'on appelle le *coquillé*.

Pour le travail direct, la pièce est appuyée sur une enclume, ou mieux une bigorne, dont l'extrémité reçoit diverses formes. La bigorne ordinaire (fig. 2067) sorte d'enclume, dont les extrémités A prennent diverses formes et qui pénètre par la pointe B dans un des trous du billot sur lequel l'orfèvre assujettit aussi ses tas, est alors l'instrument dont on se sert pour obtenir le ventre d'un calice, par exemple, et y former des côtes planes ou rondes.

Quand il s'agit de pièces ayant un goulot rétréci, on emploie ce que l'on appelle le *ressing* et que représente la figure 2067 *bis*. On voit que l'extrémité ayant une

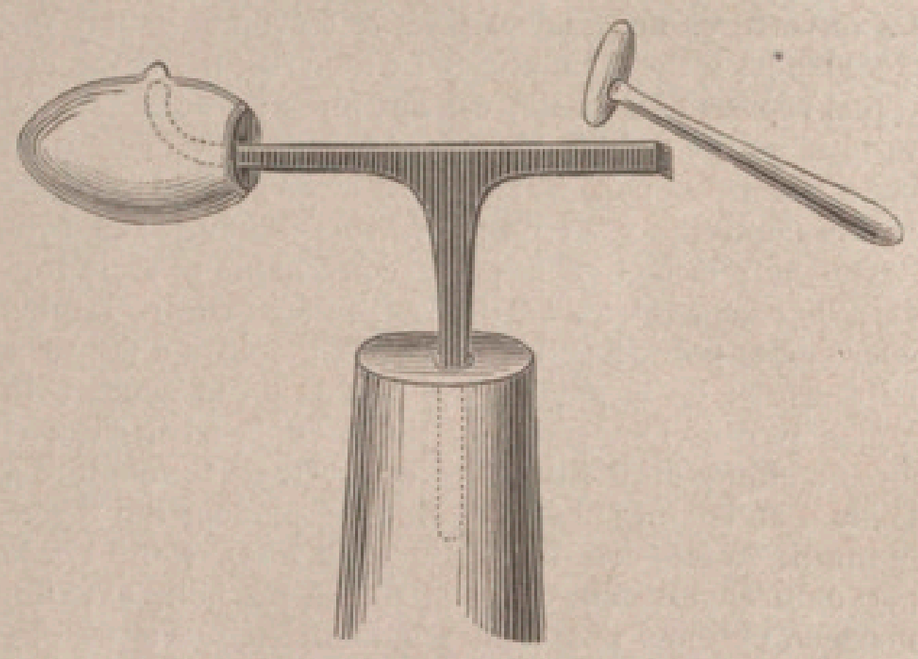


Fig. 2067 *bis*.

forme olivaire, placée au bout d'un bras mince, permet de relever en saillie un point placé dans une partie quelconque de la pièce que l'on travaille.

Quand on est parvenu à donner ainsi les formes générales à l'objet à fabriquer, on le remplit de ciment fondu, à base de résine, pour que la pièce résiste au travail de ciselure qui s'effectue à l'aide de ciselets, de grattoirs, de rifloirs taillés en lime et de formes diverses, de manière à aviver les angles, faire les fonds grenus; à obtenir en un mot toute la finesse nécessaire pour rendre le travail de l'artiste. Quelquefois celui-ci sculpte tout à fait le métal, tour de force qui n'appartient qu'aux maitres.

Tous ces procédés semblent bien primitifs pour réaliser des œuvres souvent si compliquées et si remarquables; c'est qu'en effet c'est à l'habileté de l'ouvrier que revient tout le mérite de la perfection du travail; et comme le sculpteur, qui n'a guère que son ciseau, l'orfèvre peut exécuter de grandes œuvres avec des moyens de travail très limités.

Nous n'ajouterons rien ici à ce que nous avons dit plus haut sur les œuvres remarquables de l'orfèvrerie aux diverses époques, sur des objets d'art justement célèbres; nous renvoyons, pour cette question au travail sur l'ART INDUSTRIEL qui termine cet ouvrage, où l'on trouvera rappelés les travaux des orfèvres les plus renommés et notamment les judicieuses observations d'un juge éminent, le duc de Luynes, sur les œuvres les plus remarquables des orfèvres de notre siècle.

§ 7. *De la vaisselle plate et montée.* — Il n'y a pas longtemps, les doyens de l'orfèvrerie s'en souviennent encore, l'orfèvre fabriquait ainsi que nous venons de le dire, entièrement de sa main, et tout seul, avec le lingot que lui remettait le fondeur, en se servant à peine du laminoir pour obtenir du plané, toute la vaisselle plate ou montée, tous les objets de son ressort et dont nous avons déjà donné la liste.

Aujourd'hui le laminage et l'estampage, le repoussage au tour, c'est-à-dire tous les moyens mécaniques

ORFÉVRERIE.

employés dans la fabrication du plaqué, et dont nous parlerons bientôt, ont passé de l'atelier du plaqueur dans celui de l'orfèvre intelligent, qui a eu l'esprit d'appeler à l'aide de son art le perfectionnement de l'*industrie*.

Pour fabriquer une assiette, un plateau, ou tout autre vase, on prend une plaque laminée sur laquelle on trace au compas la partie dont on a besoin ; on découpe avec des cisailles et on soude la moulure. Cette moulure se fait ou bien au tour, pour une assiette, par exemple, en enlevant avec des rifloirs les filets qui doivent la constituer, ou bien à l'aide d'une sorte de filière qui porte le nom de boîte à tirer. Cette boîte est formée d'une masse de fer cubique, dans laquelle on a pratiqué les ouvertures nécessaires pour le travail et pour y introduire les billes à moulure. Le fond de cette boîte, sur lequel reposent les billes, est une plaque d'acier trempé et bien poli. Les billes à moulure sont pareillement en acier trempé et poli. Sur ces billes sont gravées les diverses moulures dont on peut avoir besoin. Elles sont fixées dans la boîte à la place convenable pour le travail, par deux fortes vis qui les pressent contre la plaque d'acier unie et polie. Quand la moulure a été tirée ou tournée, on la place sur le plat et on la soude à la lampe avec de la soudure au quart. On ébarbe, c'est-à-dire on enlève du bord tout ce qui reste de la moulure à l'aide d'un burin. On donne alors au planeur qui forme le marli, c'est-à-dire la partie de la matière qui borde la moulure en dedans du plat, sur un tas poli, avec un marteau poli non plus tenu à la main comme autrefois, mais guidé et mû comme un martinet. Le planeur renvoie à l'orfèvre qui, à l'aide de burins, d'échoppes, de rifloirs, répare la moulure ; c'est maintenant le travail le plus long et le plus coûteux. La polisseuse polit ensuite, d'abord avec la pierre à polir, ensuite avec de la pierre-ponce broyée à l'huile et de petits morceaux de bois. Après avoir bien essuyé son travail avec des linges, elle termine en se servant de la pierre-ponce délayée dans l'eau-de-vie, qu'elle passe en frottant fortement, soit avec une brosse, soit avec une peau de chamois imbibée de cette sorte de pâte. Le planeur termine en formant le fond du plat ou de l'assiette à la profondeur convenable, au moyen de tas et de marteaux polis destinés à cet usage. Le travail du planeur donne aux pièces leur sonorité et leur éclat.

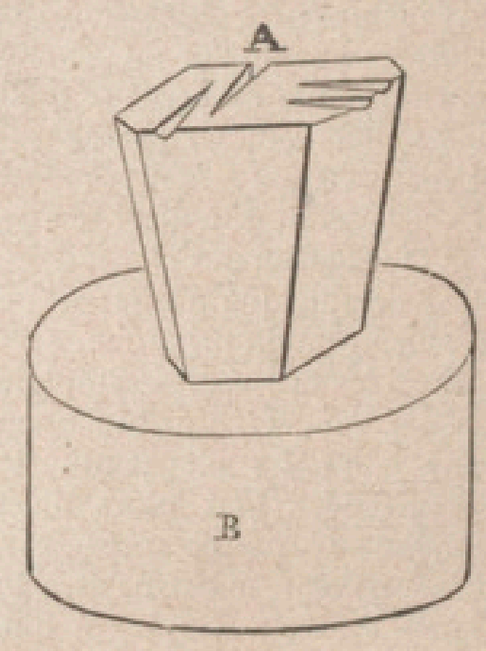
Les soupières, les cafetières, les réchauds, etc., sont estampés ou faits au tour sur des mandrins en bois, en recuisant autant de fois qu'il est nécessaire à cause de l'état de récroui que prend la matière ; nous entrerons plus loin dans quelques détails sur ce travail. Des *bâtes* sont soudées pour soutenir les bords des ouvertures et toutes les parties qui ont besoin d'être renforcées. Les anses, les pieds, tous les ornements moulés et ciselés, sont ensuite soudés ou attachés avec des écrous.

§ 8. *De la fabrication des couverts.* — La fabrication des couverts a pris en France un très grand développement ; les orfèvres qui l'exploitent prennent le nom de *cuillèristes*. Deux fois en cinquante ans cette fabrication a changé complétement de face. Nous allons entrer, à cette occasion, dans quelques détails historiques et pratiques qui, nous l'espérons, auront quelque intérêt :

Les cuillères et les fourchettes sont encore aujourd'hui des meubles presque inconnus dans une grande partie de l'Orient. Les Chinois mangent avec deux petits bâtons ; les Turcs, les Arabes, tous les Musulmans mangent avec leurs doigts. On en faisait autant en Europe pendant presque tout le moyen-âge. Aussi les aiguières et les bassins étaient-ils d'un usage assez général, et était-ce par la confection de ce genre de meubles que les orfèvres profanes du moyen-âge préludaient aux travaux qui ont illustré leurs successeurs de la Renaissance. Cependant, à la fin du dixième siècle, Pierre d'Armens raconte, avec l'accent de l'homme indigné, que la sœur d'un empereur d'Orient, qui avait épousé un des fils de Pierre d'Orséole, doge de Venise en 991, au lieu de manger avec les doigts, employait de petites fourches et des cuillères dorées pour porter les aliments à sa bouche, luxe insensé, dit-il, qui appela le courroux du ciel sur elle et sur son mari.

Les cuillères furent assez facilement adoptées ; elles étaient le plus souvent en bois ou en corne ; lorsqu'on les faisait en or ou en argent, c'étaient de véritables œuvres d'art qu'on entreprenait, ainsi que l'on peut le voir par les quelques cuillères qui sont parvenues jusqu'à nos jours. L'usage de la fourchette, au contraire, fut lent à s'établir ; nous ignorons à quelle époque il s'introduisit en France, mais il est probable qu'au commencement du dix-septième siècle, la fourchette était encore un ustensile rarement employé, car un auteur anglais, Tom Coryat, dans son « *Crudités avalées* à la hâte pendant un voyage de cinq mois en France, en Savoie et en Italie, etc. », ouvrage publié en 1611, mentionne une coutume qu'il dit être générale en Italie, celle de se servir d'une fourchette pour manger la viande. Tom Coryat ne dit pas qu'il ait observé la même coutume en France ; mais cet usage s'introduisit sans doute dans ce pays avec celui des verres à boire de Venise, vers la fin du quinzième siècle ; il n'était pas encore général au commencement du dix-septième. Tom Coryat voulut continuer les coutumes italiennes à son retour dans son pays ; il fut raillé par ses amis qui le désignèrent sous le nom de *Furcifer*.

Aujourd'hui la fourchette que nous employons en France se rencontre à peine sur quelques tables de grands seigneurs en Allemagne et en Angleterre. Dans ces deux pays, on se sert d'une petite fourche plutôt que d'une fourchette ; cette fourche est en acier et se trouve emmanchée comme sont nos couteaux dans des manches en bois, en corne, en ivoire. Elle n'a que deux ou au plus trois dents, et une largeur qui est environ la moitié de celle de la fourchette en argent si répandue en France.



2068.

A la fin du siècle dernier les couverts étaient entièrement forgés à la main au moyen du marteau, la pièce étant posée sur une étampe (figure 2068), sorte de tas, A, entrant par une pointe dans le billot B. Le cuilleron des cuillères, c'est-à dire leur partie concave, était cambré sur une autre étampe en plomb au moyen d'une bouterole, poinçon ayant d'un bout la forme du creux de la cuillère, sur lequel on frappe pour agir sur celle-ci. Les filets s'exécutaient avec des échoppes.

Au commencement de ce siècle, l'usage des couverts se répandant de plus en plus et pénétrant dans presque toutes les classes de la société, cette fabrication manuelle devint plus mécanique, afin d'introduire une économie dans la façon.

Trois opérations successives constituent la fabrication des couverts jusqu'en 1840 : 1° le découpage du lingot, qui se fait à la cisaille dans la feuille au titre où le dessin a été fait d'après un patron en papier ; 2° le forgeage du lingot, opération qui a pour objet de lui donner, à l'aide du travail au marteau, les formes générales et les dimensions approchées en longueur et en épaisseur que doit avoir la pièce à fabriquer ; cette opération s'appelle la préparation ; 3° la pièce ainsi préparée est placée sous un balancier analogue au balancier monétaire, qui

ORFÉVRERIE.

porte à la place du coin une matrice représentant les formes exactes et même les ornements de l'objet qu'on veut obtenir. La presse agit par pression comme la presse monétaire. Les pièces ressortent presque complétement finies; il ne reste plus qu'à ébarber, c'est-à-dire à enlever avec une lime le superflu de l'argent repoussé par la pression, et, si c'est une fourchette, à découper les dents. Cette opération s'appelle la perfection.

Cette méthode a reçu, en 1840, dans les ateliers de M. Denière, une modification profonde, provenant de l'application des derniers perfectionnements introduits dans l'industrie générale des métaux, perfectionnements que les orfévres ont été lents à vouloir accepter. Les premières tentatives de cette modification remontent, du reste, à assez loin, à l'année 1817. Jalabert prit alors un brevet d'invention, ayant pour objet de remplacer par un laminage l'opération de perfection se faisant par la presse monétaire. L'équipage breveté se composait (tome XXV *Des Brevets expirés*, p. 11) de deux cylindres d'un assez grand diamètre, *g* et *h* (figure 2071), dont chacun portait une matrice *n*, qui y était fixée par des écrous, et qui représentait par une gravure en creux la forme de la pièce à obtenir. On découpait cette pièce par la méthode ordinaire, mais la façon de perfection se donnait par le laminoir (figures 2070 et 2071), mû par une manivelle *s* faisant tourner un

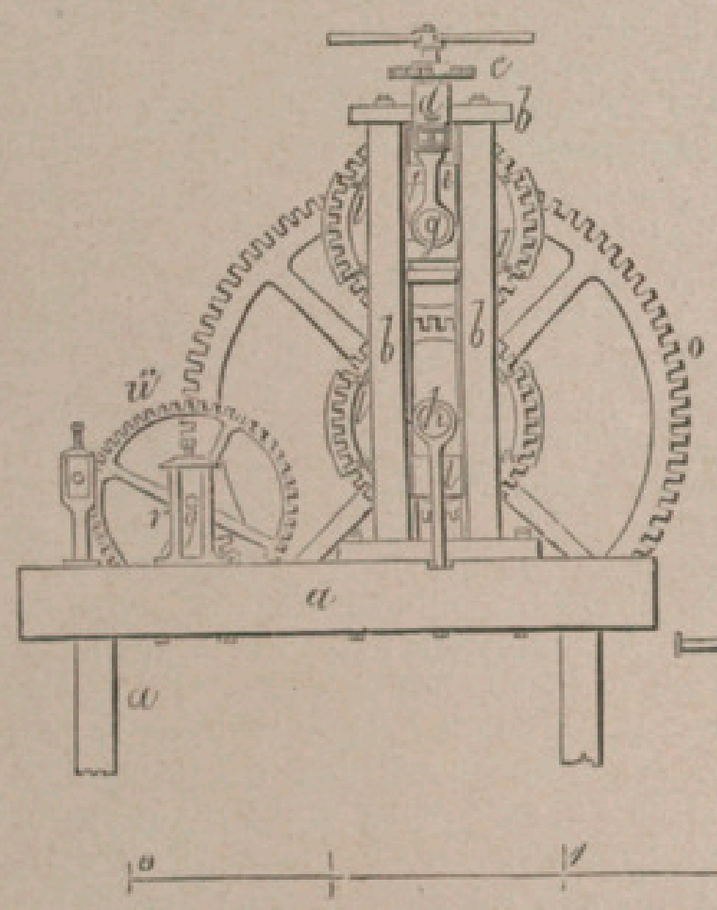


Fig. 2070.

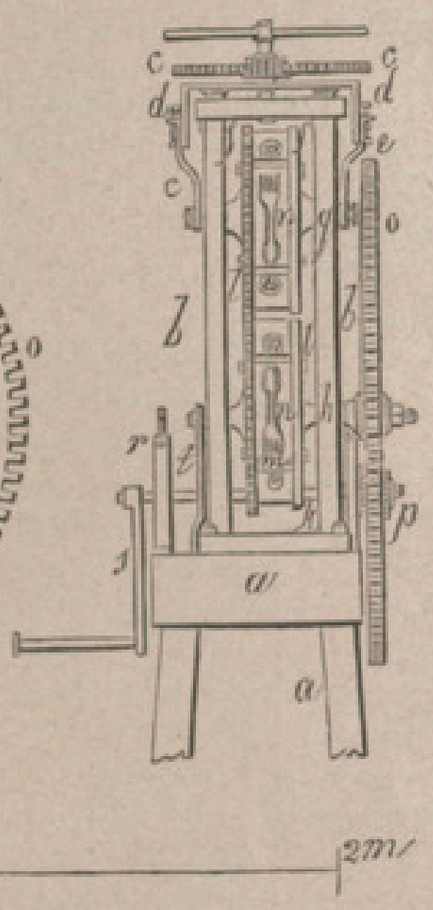


Fig. 2071.

pignon, celui-ci une roue, et le pignon de cette dernière une grande roue conduisant le cylindre *h*, qui à son tour entraîne le cylindre *g*. Le laminoir est serré à diverses épaisseurs par l'engrenage *c*. Les diverses roues *p* et *o*, que l'on a même multipliées depuis, sont destinées à faire disparaître une certaine ondulation produite dans les couverts par suite de l'inégale résistance du métal refoulé à des épaisseurs inégales. Jalabert employait des matrices mobiles, en sorte qu'une des difficultés du service de la machine était d'assurer leur fixité sur les cylindres et l'exactitude de leur rencontre au moment de la pression. Une note qui accompagne la description du brevet Jalabert constate qu'avant lui on avait essayé des matrices fixes.

Quels que fussent les avantages qui semblaient attachés à cette machine, elle ne se répandit pas et tomba dans l'oubli; en sorte que l'ancienne méthode avait prévalu, lorsqu'en 1839 un nouvel essai de laminoir fut fait dans l'usine de M. Daru, essai ayant pour but, cette fois, la substitution de la préparation au laminage à l'ancienne et défectueuse préparation au marteau. C'est l'année suivante, en 1840, que M. Denière consacra ses efforts au succès de ce mode de fabrication et prit un brevet d'importation en France, pour le procédé breveté en Belgique par M. Allard.

On commence par présenter la feuille d'argent, laminée à épaisseur convenable, à un découpoir muni d'un emporte-pièce, qui par son mouvement de va-et-vient y découpe autant de pièces, ou éléments primitifs de couverts, qu'il est possible. On soumet ces pièces à un recuit dans un four à réverbère, où elles sont portées au rouge sombre sans que l'alliage de cuivre soit exposé à s'oxyder. Ensuite on les soumet à des pressions successives, données sous deux paires de cylindres placées dans une machine analogue à celle de Jalabert (fig. 2071). Ces deux paires de cylindres sont inégalement rapprochées, parce que la matière va en s'allongeant et en s'aplatissant; on presse d'abord dans le laminoir le moins rapproché, ensuite dans le plus serré. Les cylindres sont eux-mêmes les matrices, car on a renoncé aux matrices mobiles, assez mal imaginées par Jalabert. Ces cylindres ont au plus un décimètre de diamètre; ils sont gravés d'après une règle indiquée au graveur par les dimensions respectives des diverses parties de la fourchette et de la cuillère, et par la malléabilité plus ou moins grande de la matière. Ainsi les gravures des cylindres préparatoires ne seront pas les mêmes pour des couverts en argent ou pour des couverts en maillechort. Pour rendre la pression successive sans altérer la qualité du métal, on alterne les passes avec les recuits dans le four à réverbère, et, après chaque exposition au feu, on fait subir aux pièces une espèce de trempe par leur immersion dans l'eau froide. En sortant de la préparation et après un nouveau recuit, on passe les pièces sous les cylindres finisseurs, qui sont gravés de manière à donner le couvert simple, ou bien le couvert avec filet, ou bien encore le couvert enrichi d'ornements riches. Il ne reste plus alors qu'à ébarber à la lime, qu'à découper les dents de la fourchette au moyen d'un découpoir spécial, à emboutir le cuilleron de la cuillère, et enfin, à cambrer les pièces selon leur courbe voulue, opérations d'une grande facilité au moyen des anciens instruments qui y sont employés depuis longtemps.

La fabrication des couverts est devenue une plus grande industrie depuis l'adoption générale des couverts en maillechort argenté, aussi a-t-elle fait de nouveaux progrès; M. Halphen notamment est parvenu à la rendre entièrement mécanique dans son usine de Bornel, par une succession d'opérations bien entendues.

L'alliage fondu au creuset est moulé en plaques, qui sont étendues au laminoir et amenées à l'épaisseur voulue. Comme dans la fabrication décrite ci-dessus, les pièces qui doivent former la cuillère ou la fourchette y sont enlevées dans la feuille de métal par l'action d'un découpoir, sous une forme bien éloignée de la forme définitive, puis, au moyen d'un laminoir ou mieux de secteurs à mouvements alternatifs portant des matrices convenablement gravées, amenées à la forme voulue, c'est-à-dire, tout en restant plates, reçoivent leurs contours définitifs et les épaisseurs convenables en tous les points. Pour effectuer le boutero-lage des cuillères (et aussi pour terminer les dents des fourchettes par estampage), M. Halphen a trouvé dans le BALANCIER Cheret un instrument puissant et expéditif qui permet de l'obtenir par un seul coup, entre une

bouterole et une matrice en acier, sans écrasement d'aucune partie ; la cuillère est présentée toujours à la place convenable, grâce à un guide mobile qui garnit la face supérieure de l'étampe.

Enfin la courbure est donnée aux dents des fourchettes, en même temps que la cambrure générale, au moyen d'un ingénieux outil inventé par M. Boulangier, à l'aide duquel on serre la pièce entre deux mordages horizontaux qui correspondent à cette cambrure, au moyen d'un puissant levier portant un excentrique. Pendant que la fourchette est ainsi maintenue, un levier oscillant sur le devant de l'outil vient appliquer les dents sur la partie antérieure de la mâchoire inférieure et leur donne la courbure convenable. Inutile de dire que des recuits après chaque opération et un dernier polissage complètent cette fabrication rapide et excellente; toutes les opérations devenues simples, s'exécutant à la suite les unes des autres à l'aide d'outils simples et d'un effet certain.

La bonne fabrication des couverts en métal blanc est venue ainsi aider au succès de l'argenture galvanique, pour assurer le succès d'une précieuse industrie qui réduit au dixième de ce que coûtaient les couverts d'argent le prix de ceux en maillechort argenté, ayant absolument la même apparence.

SECTION IV. — DE L ORFÈVRERIE D'IMITATION.

La rareté des métaux précieux a forcément conduit les hommes à s'occuper du moyen d'économiser leur emploi, tout en conservant le bienfait de leurs propriétés, recherchées non seulement par raison de luxe, mais encore par raison d'hygiène. L'imitation de tous les objets faits ordinairement en or ou en argent a donc nécessairement donné lieu à une industrie importante, appelée à rendre de véritables services, et où nous avons à considérer le plaqué ordinaire, le plaqué sur fer et l'orfèvrerie de cuivre.

§ 1er. *Du plaqué.* — Il existe entre l'orfèvrerie de cuivre, qui est ensuite argentée ou dorée, et l'orfèvrerie plaquée une différence essentielle. Dans la première fabrication, les métaux précieux ne sont placés à la surface des objets qu'après leur entière confection ; dans la seconde, au contraire, c'est le lingot, c'est la matière première, qui est recouverte d'une feuille d'argent ou d'or plus ou moins épaisse avant toute autre mise en œuvre.

Le *plaqué* qu'on fabrique le plus ordinairement est celui d'argent; celui d'or ou de platine ne se fait qu'exceptionnellement ; il s'obtient, du reste, par des procédés absolument identiques à ceux employés pour obtenir le premier.

On ne doit point confondre le plaqué avec le doublé. Doubler un métal d'un autre métal, c'est souder le dernier au premier au moyen d'un alliage fusible, d'une *soudure ;* plaquer, au contraire, c'est forcer les deux métaux à adhérer au moyen de procédés purement mécaniques, avec l'aide d'une température *rouge sombre*, mais sans le secours d'aucune fusion.

Comme l'argent est loin d'avoir jamais été assez abondant pour pouvoir être employé à la confection d'une foule d'ustensiles destinés à recevoir des comestibles et toutes sortes de préparations culinaires, il est naturel de penser que depuis bien des siècles on a cherché à ne le placer, ainsi que nous avons démontré que cela a été fait de toute antiquité pour l'or (voir l'article DORURE), qu'à la surface seule des métaux communs, et particulièrement à le faire servir de revêtement au cuivre. Aussi ne doit-on pas s'étonner que l'un de nos plus habiles fabricants de plaqué, M. Gandais, soit parvenu à prouver que chez les Romains on pratiquait le doublage des vases par l'argent ; seulement nous employons le mot doublage, et nous ne disons pas *plaçage*, parce que cette dernière opération exige des moyens mécaniques complétement inconnus des anciens, qui savaient parfaitement bien souder par l'emploi des alliages fusibles. C'est cette raison qui nous fait penser aussi que la fabrique fondée à Paris, à l'hôtel de Pomponne, rue de la Verrerie, dès 1769, et qui confectionnait des vases couverts d'une feuille d'argent d'un côté seulement, effectuait un doublage plutôt qu'un placage. L'ancienne Encyclopédie ne fait mention d'aucune fabrication analogue au plaqué. Il faut la regarder, selon nous, comme étant d'invention moderne, et nous n'avons aucun scrupule à dire d'invention anglaise, car elle était fort développée en Angleterre quand, vers 1808, elle a été importée en France, où on ne connaissait que le doublé, c'est-à-dire l'emploi d'une soudure proprement dite. D'ailleurs, bien avant la fabrique de l'hôtel Pomponne, encouragée par Louis XVI, qui y fit, en 1785, une commande de 10.000 livres tournois, Thomas Bolsover fonda à Sheffield, en 1742, une fabrique de boutons et de tabatières en véritable plaqué d'argent, et bientôt après vint Joseph Hancok, maître coutelier de la même ville, qui appliqua la nouvelle découverte à la fabrication de produits plus nombreux. Ce dernier se livra à l'imitation de la vaisselle plate, et dota sa ville natale, par la fabrication de ses théières et de ses flambeaux, d'une nouvelle industrie dont Birmingham devint bientôt le principal foyer,

De 1808 à 1839, la fabrication de l'orfèvrerie plaquée s'est promptement accrue en France. A cette dernière époque, elle produisait pour 8.000.000 de francs et occupait environ 2.000 ouvriers ; son exportation était à peu près la moitié de sa production totale. Depuis lors, la fabrication est restée stationnaire, quoique la consommation intérieure se soit sensiblement accrue, parce que l'exportation a sensiblement diminué. Cette diminution est due en partie à la mauvaise confection des objets destinés aux pays étrangers, en partie au poinçon dont sont revêtus tous les produits de cette fabrication. Cette dernière observation, à cause de son étrangeté apparente, exige quelques mots d'explication : on sait que le fabricant de plaqué est assujetti à apposer *lui-même* sur ses produits un poinçon offrant en toutes lettres le mot *doublé*, ainsi que le chiffre du titre du plaqué, soit le dixième, soit le vingtième, soit le quarantième, ou tout autre titre. Or, cette indication n'est nullement exacte ; une vérification authentique du titre du plaqué ne se fait par aucun bureau de garantie, et d'ailleurs elle serait presque impossible à cause de la diversité des titres employés souvent dans une même pièce. Ainsi ce poinçon n'a, en France, d'autre autorité que celle que peut donner la moralité du fabricant qui l'a appliqué. A l'étranger, à mesure que les distances augmentent, cette autorité disparaît, et alors il arrive que notre plaqué, portant un poinçon, se trouve assujetti à son entrée en Allemagne, en Italie, en Portugal, etc., à payer les droits comme orfèvrerie. Les portes de ces pays nous sont dès lors fermées, car l'Angleterre, dont le plaqué ne porte pas de poinçon, obtient facilement l'avantage pour l'approvisionnement de toutes ces contrées. Ainsi, l'orfèvrerie paye en Allemagne 8 fr. de droit d'entrée par kilogr. ; en Italie et en Portugal, elle paye 24 fr. Partout, au contraire, la quincaillerie ne paye que 50 centimes. On voit qu'il résulte d'un pareil état de choses une forte prime en faveur de la fabrique anglaise. Le plaqué est soumis, du reste, à d'autres causes de décadence, ainsi que nous le dirons un peu plus loin ; pour le moment, nous arrivons à une description succincte des procédés technologiques qui lui sont propres.

L'opération fondamentale du fabricant de plaqué consiste dans l'établissement de l'adhérence de l'argent au cuivre. Le cuivre employé est du cuivre rouge très pur, avec lequel il est plus facile d'obtenir une adhérence parfaite. Cependant le cuivre jaune aurait bien plus d'avantage dans l'usage des objets de consommation, parce qu'il présente beaucoup plus de résistance. Autrefois le

fabricant préparait et fondait son cuivre lui-même ; il en faisait un lingot coulé dans des moules en fer fondu formé de deux parties assemblées, et présentant une cavité rectangulaire de 8 centimètres de large, 4 de profondeur, et d'environ 50 de long. Aujourd'hui le plaqueur reçoit ses plaques toutes préparées au soudage ; on les fait dans les fonderies de Romilly et d'Imphy. Les meilleures, celles dont le cuivre est le plus épuré, viennent de Niederbruck (Haut-Rhin) ; elles ont une forme rectangulaire, une épaisseur d'à peu près 3 centimètres, et pèsent environ 10 kilogrammes.

Les plaques de cuivre sont vigoureusement grattées avec des grattoirs tranchants, pour faire disparaître jusqu'aux moindres défauts du cuivre, et pour que la surface soit parfaitement unie. La planche étant grattée, on la passe au laminoir, où elle s'allonge d'environ $0^m,027$; on la gratte de nouveau, et alors elle est prête à recevoir l'argent. Si l'on veut faire du plaqué simple ou du plaqué double, au vingtième, par exemple, on prend une feuille d'argent du poids de 500 grammes, ayant même surface que l'une des faces du lingot de cuivre, dans le premier cas ; une surface double dans le second cas. Cet argent est à 999 millièmes. La feuille étant bien avivée avec du grès tamisé, on amorce quelquefois le cuivre avec une forte solution de nitrate d'argent, mais cette opération préliminaire n'est nullement néces-aire. On applique sur le cuivre la feuille d'argent, et l'on couvre de blanc d'Espagne la face de cuivre qui ne doit pas être recouverte, quand on fait du plaqué simple. On lie fortement avec du fil de fer, en mettant un peu de borax sur les bords pour préserver le cuivre de l'oxydation. La feuille d'argent est un peu plus grande que le cuivre, de telle sorte qu'on puisse un peu la rabattre sur les bords du cuivre.

Toutes ces préparations achevées, la plaque est portée au fourneau à moufle du plaqueur ; la porte en fer de ce fourneau est munie d'un trou par lequel l'ouvrier surveille la température ; de temps à autre on frotte sur l'argent avec une sorte de brunissoir en fer, afin de chasser tout l'air intérieur et de produire un commencement d'adhérence. L'union définitive du cuivre et de l'argent est obtenue par plusieurs passages du lingot encore chaud entre de forts cylindres de plus en plus serrés. On chauffe et passe alternativement au laminoir jusqu'à ce que la feuille ait atteint le degré d'épaisseur qu'on désire obtenir. On remet une dernière fois dans la moufle, on plonge les feuilles dans de l'eau acidulée par de l'acide sulfurique et on les nettoie en les frottant avec du sable très fin ; elles sont alors prêtes à recevoir les formes des divers articles qu'on veut fabriquer.

Les divers laminoirs dont se sert le plaqueur sont les suivants :

1° Laminoir à souder et à dégrossir, dont les rouleaux en fer ont $0^m,325$ de long sur $0^m,187$ de diamètre ;

2° Laminoir dont les rouleaux ont $0^m,325$ sur $0^m,210$ et sont en acier poli pour adoucir et brillanter les lames de doublé qu'on y passe ;

3° Un laminoir identique au précédent réservé spécialement pour tout ce qui est laminé très mince et, en particulier, pour les bandes d'argent destinées à l'estampage des bordures et ornements dont nous parlerons tout à l'heure ;

4° Un laminoir aussi en acier poli pour les feuilles larges destinées à faire des plateaux et autres articles analogues, dont les rouleaux ont $0^m,59$ sur $0^m,25$;

5° Un laminoir en fonte de fer douce pour le même objet ayant $0^m,82$ sur $0^m,28$;

6° Une paire de rouleaux de $0^m,24$ sur $0^m,16$ pour laminer le fil ;

7° Enfin, une paire de rouleaux de $0^m,16$ sur $0^m,056$ en acier très dur, pour le plaqué à un titre très bas.

ORFÉVRERIE.

On peut faire le fil de cuivre plaqué de deux manières. La première manière est la plus employée ; elle consiste à former d'abord un cylindre creux d'argent. Celui-ci s'obtient en enroulant une feuille d'argent de façon que les bords se recouvrent. On introduit dans ce tuyau un cylindre en cuivre chauffé au rouge, pouvant y entrer librement, et avec un brunissoir en acier on appuie fortement sur les bords qui se soudent l'un à l'autre. Le tube d'argent étant fait, on le nettoie intérieurement, on le chauffe au rouge sombre, et on y introduit le cylindre à plaquer qui ne pénètre qu'à frottement. Le refroidissement fait appliquer l'argent. On porte au fourneau et on appuie avec le brunissoir dans le sens de la longueur. En outre, on fait dans le cylindre en cuivre un peu plus long que le tube d'argent, un creux circulaire dans lequel on fait entrer les bords de la feuille d'argent. On obtient ainsi un cylindre massif qu'on passe à la filière. Le cuivre et l'argent s'allongent en conservant toujours le même rapport d'épaisseur. On recuit enfin et on lave avec de l'eau acidulée par de l'acide sulfurique, comme pour le plaqué en feuilles.

L'autre méthode donne un plaqué extrêmement mince, connu dans le commerce sous le nom de plaqué allemand. Elle consiste à arrondir et étirer d'abord soigneusement la barre de cuivre, à dépolir sa surface et à y appliquer des feuilles d'argent battu en frottant avec le brunissoir. Ce travail est minutieux et donne des résultats bien inférieurs au précédent.

Les fils de cuivre plaqués sont très employés pour la fabrication des paniers à pain, des porte-mouchettes et d'un grand nombre d'autres articles réunissant l'élégance et la légèreté à l'économie.

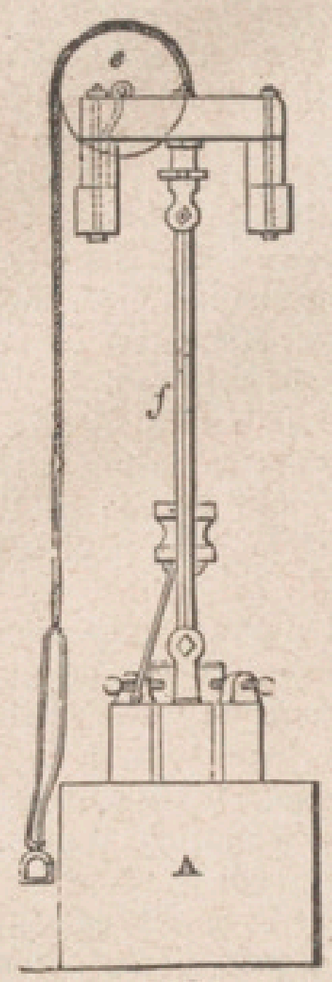
On a d'abord travaillé les feuilles plaquées par les procédés employés dans la chaudronnerie pour le cuivre, et dans l'orfèvrerie pour l'argent, c'est-à-dire au marteau, par la *retreinte*, en poussant peu à peu le métal à prendre la forme désirée. Ce procédé, extrêmement long et fatigant, ne donnait que de mauvais résultats pour le plaqué, à cause de la rupture que le marteau tendait constamment à établir entre les deux métaux juxtaposés, soumis à des efforts inégalement répartis. Il n'est plus employé aujourd'hui que lorsque l'ouvrier manque des outils et instruments nécessaires pour suivre une méthode plus commode, plus expéditive, plus appropriée à l'économie de main-d'œuvre qu'exige le bas prix, cette condition suprême d'existence du plaqué. Par exception, on s'en sert encore lorsqu'il ne s'agit que de produire un petit nombre d'articles de forme irrégulière, pour lesquels la confection de matrices à estamper ou de mandrins à tourner serait une dépense trop coûteuse, vu le peu de service qu'on en tirerait. On se sert généralement aujourd'hui soit de l'estampage, soit du tour. L'estampage surtout est le procédé particulièrement approprié à la mollesse et à la malléabilité du métal employé pour faire le plaqué.

Le procédé de l'estampage consiste à faire entrer de force, par pression ou par percussion, la feuille de plaqué dans une matrice en creux, au moyen d'une étampe dont les reliefs s'ajustent exactement dans les creux de la matrice. La substance dont sont faites les matrices et étampes doit être dans un certain rapport avec la malléabilité et l'épaisseur de la feuille à travailler ; c'est du laiton, du fer, de l'acier, etc. Souvent même l'étampe est composée d'un métal très mou, de plomb moulé sur les creux de la matrice ou réciproquement.

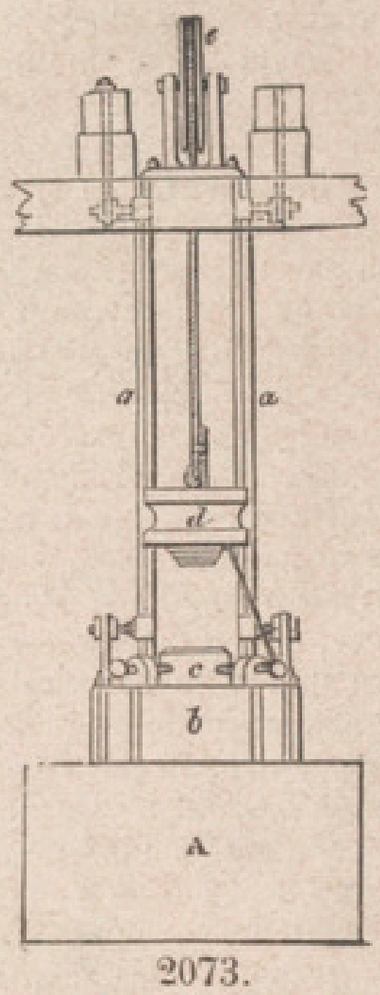
Comme il est nécessaire, pour le succès de l'opération, que la matrice et l'étampe s'ajustent l'une sur l'autre avec une grande précision lorsqu'elles se rapprochent, on attache ordinairement la matrice sur une large pierre A (fig. 2072 et 2073) qui remplit d'autant mieux le but qu'on veut atteindre qu'elle est plus massive. On fait, en outre, descendre l'étampe verticale-

ORFÈVRERIE.

ment, en s'arrangeant de façon qu'elle ne puisse diverger dans aucune autre direction. On peut employer, du reste, plusieurs procédés pour la faire descendre avec la force nécessaire : 1° frapper dessus avec un marteau : 2° se servir d'un balancier analogue à la presse monétaire; 3° se servir d'un mouton ou marteau à déclic. Les fig. 2072 et 2073 représentent

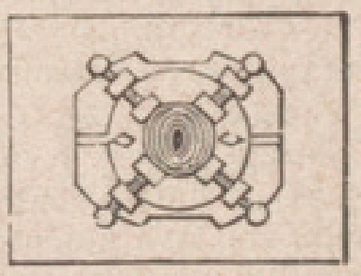


2072.



2073.

deux coupes rectangulaires du dernier appareil plus communément employé ; la fig. 2074 en donne le plan. Le mouton *d* porte à sa partie inférieure l'estampille; la matrice *e* est fixée sur la pierre dans un soubassement en fer *b* où elle est serrée par quatre vis. On soulève le mouton *d* à une hauteur plus ou moins grande selon la force du choc qu'on veut produire, au moyen de la corde *f* s'enroulant sur la poulie *c*. Le mouton se meut entre les deux montants en fer *a*; les deux faces, en regard de ces montants, présentent chacune un filet en relief pénétrant dans une rainure correspondante du mouton.



2074.

Les matrices sont en acier fondu ; il peut y en avoir plusieurs pour la fabrication d'un même objet, par exemple pour obtenir un vase dont le fond et les bords supérieurs ont des dimensions moindres que celles de la panse.

La matrice étant fixée par les vis, on l'entoure d'un cercle haut de 4 à 5 centimètres, formé d'un lut d'argile pétrie avec de l'huile ; on coule du plomb dans la cavité obtenue. On adapte à la partie inférieure du mouton une plaque en fer dont la face, de même dimension que la matrice, est rude comme une râpe, et qu'on appelle *suçeur*. Aussitôt que le plomb est solidifié, on soulève le mouton, on le laisse retomber, et on le soulève de nouveau ; il emporte avec lui le disque de plomb qui s'est bien moulé sur la matrice.

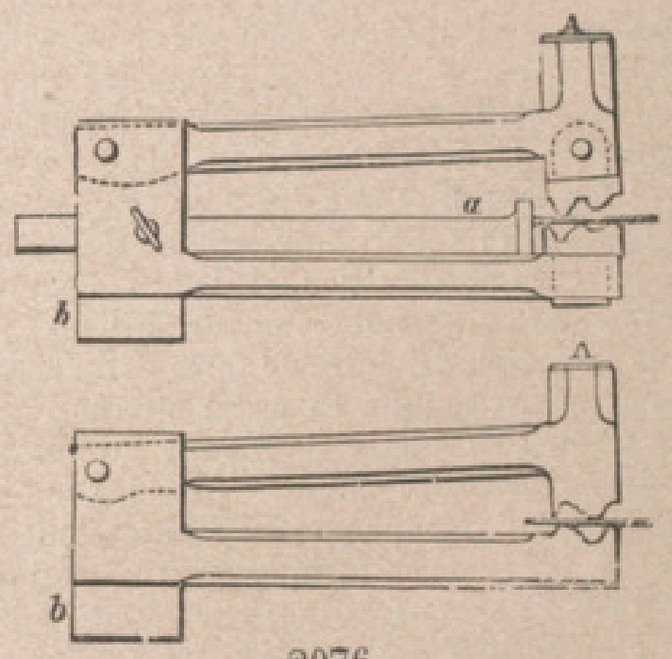
On peut alors procéder à l'estampage, qui s'exécute en plaçant sur la matrice la feuille de plaqué découpée suivant la forme et les dimensions voulues, et en laissant tomber dessus le mouton autant de fois que cela est nécessaire pour que la feuille de plaqué entre dans toutes les excavations de la matrice. Le nombre de coups de mouton est naturellement en rapport avec la profondeur de ces creux, ainsi qu'avec l'épaisseur et le degré de malléabilité de la feuille plaquée, et peut aller jusqu'à dix ou douze. Comme le métal devient aigre, dur et cassant, il faut le faire recuire de temps à autre pour lui rendre sa malléabilité. Pour arriver à produire des objets d'une forme profondément creuse, on est obligé d'employer successivement plusieurs matrices gravées de plus en plus profondément. Dans ce cas, on est même souvent forcé d'opérer d'une autre manière ; on fait (fig. 2079 et 2080) les étampes en acier, et elles sont gravées en creux ; les matrices sont alors en plomb.

Il va sans dire qu'on réunit, par des soudures ou bien par des assemblages à vis ou d'autre sorte, les diverses pièces qu'il est impossible d'obtenir par un seul estampage. Un chandelier, par exemple, est composé d'au moins quatre ou cinq pièces principales auxquelles des bordures ornées sont ordinairement ajoutées. Des bordures ou *bates* sont également placées autour de l'ouverture ou en d'autres endroits des vases ou autres ustensiles pour les renforcer et concourir en même temps à la décoration. Ces bordures sont surtout soumises au frottement dans l'usage qu'on fait des objets, et, par conséquent, elles se détériorent avec une grande facilité, et l'argent s'usant rapidement, elles finissent par laisser voir la couleur rouge du cuivre.

Un des plus grands perfectionnements qu'on ait introduits dans la fabrication du plaqué a été de faire ces bordures en argent pur. Malheureusement, toujours dans un but d'économie, ces bordures sont faites en argent d'une minceur extrême. Pour leur rendre de la force, on remplit l'intérieur des moulures de soudure faible qui sert à les appliquer sur les pièces.

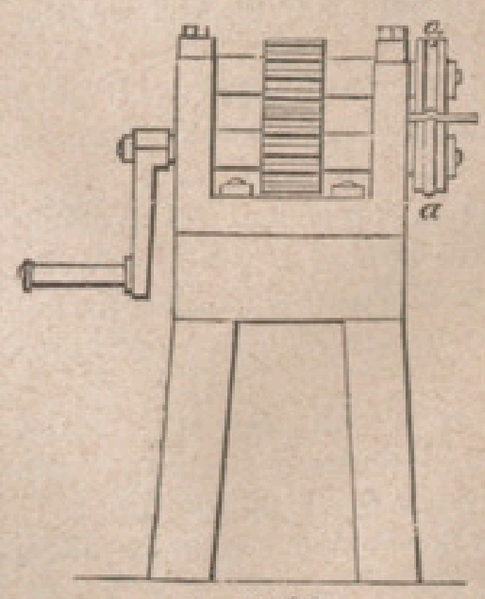
Les moulures s'exécutent avec facilité et précision au moyen des estampes représentées fig. 2075 et 2076.

2075.



2076.

La partie A est mobile autour d'une charnière ; on la soulève pour introduire le métal à moulure entre les deux matrices. On ajuste sur un étau *b*; la partie *a*, qu'on peut avancer plus ou moins, guide l'opérateur et fait que la moulure est toujours à la même distance du bord de la feuille; on frappe sur la tête A au moyen d'un marteau.

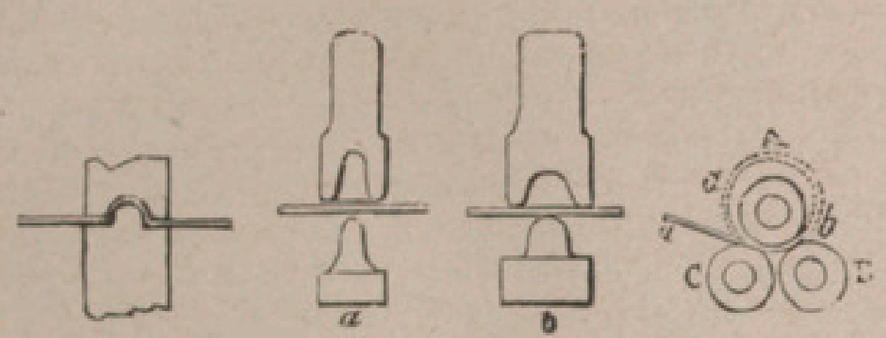


2077.

Le laminoir peut être employé avec succès pour la fabrication des moulures; il produit plus rapidement et plus économiquement que le procédé précédent. Les deux rouleaux *a*, *a* (fig. 2077), sont rendus solidaires par deux roues dentées, dont l'une est mise en mouvement par une manivelle ; ils portent les moulures gravées, l'un en relief, l'autre en creux, et

ils sont agencés de façon que les deux moulures s'ajustent exactement, ainsi que l'indique la fig. 2078, sur une échelle agrandie.

Les courbures cylindriques ou coniques sont souvent obtenues en frappant avec un maillet sur la feuille posée sur des mandrins en bois diversement courbés. On obtient le même résultat avec plus de précision et plus de rapidité au moyen d'une machine composée de trois cylindres en fonte A, B, C, (fig. 2081) entre lesquels passe la feuille *abcd*. Selon qu'on rapproche plus ou moins des deux autres le cylindre du



2078. 2079. 2080. 2081.

milieu A, on change le degré de courbure de la feuille; on peut obtenir la forme conique en éloignant ou en rapprochant ce cylindre A un peu plus d'un côté que de l'autre.

Les différentes pièces se soudent au moyen d'alliage plus ou moins fusible d'argent et de cuivre. On doit éviter la soudure à l'étain qui donne trop de solidité et qui, trop souvent, est employée pour monter les pièces; il arrive, par exemple, que les réchauds de table assemblés avec cette dernière soudure sont de suite hors de service. Quand on soude avec de la soudure forte, on recouvre le métal d'une mixture saline composée de borax et de *fiel de verre*, écume rejetée par les verriers, et on place dessus la soudure coupée en paillons. On expose ensuite à la flamme d'une lampe d'émailleur ou bien à la chaleur du charbon de bois excité par le soufflet d'une petite forge, jusqu'à ce que la soudure coule également le long des bords de la jonction.

On donne enfin le poli en frottant avec de l'hématite ou sanguine, ou bien avec du tripoli ou de la poudre d'os calcinés.

Les procédés d'estampage que nous venons d'exposer, en partie d'après M. Ure, sont surtout employés en Angleterre. En France et en Allemagne, on se sert plus souvent du tour pour les pièces principales; l'estampage est réservé pour les ornements. Nous dirons quelques mots du tour au § 3 de ce chapitre.

§ 2. *Du plaqué sur fer.* — La fabrication du plaqué sur fer n'a jamais pu prendre une grande importance, et aujourd'hui elle tombe de plus en plus. On le conçoit facilement, car on n'est pas arrivé à obtenir du doublé de fer par des procédés simples et économiques, comme ceux qui donnent le doublé de cuivre, et il est impossible, du moins quant à présent, de travailler le doublé de fer par les procédés mécaniques dont l'économie a fait tout le succès du plaqué. On ne plaque donc sur fer que de petits objets, tels que couverts, mouchettes et articles de harnais et voitures, etc. Encore ces derniers ouvrages ne se font-ils plus guère qu'en maillechort, argenté ou non, ou bien quand on veut allier le luxe à l'économie, en argent estampé très mince et fourré d'étain.

Le procédé pour plaquer le fer se réduit à étamer d'abord légèrement le fer, et, en chauffant les matrices, à appliquer la feuille d'argent à l'aide d'une forte pression.

§ 3. *De l'orfèvrerie de cuivre.* — Depuis longtemps déjà, en Allemagne, on se sert avec un certain avantage de l'orfèvrerie en maillechort au lieu de l'orfevrerie en plaqué dont la fabrication y est assez restreinte. Lors de l'invention de l'argenture électro-chimique par MM. Elkington et de Ruolz, on s'est occupé d'importer la fabrication du maillechort en France; on se proposait d'argenter cet alliage, contre lequel certaines préventions s'étaient élevées à cause du cuivre qu'il contient, et de le rendre aussi usuel chez nous qu'il l'est au-delà du Rhin. Comme le maillechort est blanc, on n'avait pas à craindre de voir apparaître, par suite de l'usure, la couleur rouge que montre si vite le plaqué et qui trahit si désagréablement un luxe mensonger. Mais le nickel qui avec le zinc et le cuivre constitue le maillechort, ayant acquis tout à coup une valeur considérable, on a bientôt renoncé à employer ce métal. C'est à un accaparement que font les Anglais de tous les minerais de nickel qui se trouvent principalement en Hongrie, que l'on doit le renchérissement de ce métal. Les Anglais payent à raison de 280 fr. les 100 kilogr., des minerais qui ne contiennent pas au-delà de 15 p. 100 de nickel. « On assure, ajoute M. Péligot, à qui nous empruntons ces détails, dont il est bon que les orfèvres soient prévenus, qu'ils emploient le nickel à faire de l'argenterie non seulement à bas titre, mais surtout à faux titre, en tirant profit de cette observation, qu'un alliage à parties égales d'argent et de nickel ressort au même titre, par les essais faits par les bijoutiers, qu'un alliage d'argent et de cuivre contenant 13 parties d'argent sur 16 parties. On comprend qu'ils puissent payer à un prix élevé le nickel qu'ils destinent à un pareil emploi. »

Telles sont les raisons pour lesquelles on n'emploie plus le maillechort argenté que pour les couverts. Toute l'orfèvrerie argentée est maintenant en cuivre jaune, alliage de cuivre et de zinc. Le cuivre jaune est plus résistant que le cuivre rouge, et c'est là une qualité qui donne déjà une supériorité marquée, sur le plaqué, à l'orfèvrerie de cuivre, industrie récemment importée de Hollande. Il est vrai qu'il ne faut pas espérer d'arriver au prix si bas du plaqué; le métal n'a pas assez de malléabilité pour qu'on lui donne tant de minceur et si peu de poids. Les pièces auront donc toujours une certaine valeur intrinsèque au-dessous de laquelle il sera impossible de descendre. Ce n'est vraiment pas un malheur, car cette circonstance engagera le fabricant à chercher une certaine élégance, une certaine richesse, en même temps qu'il ne sera pas conduit à sacrifier à la fois la solidité et la forme au désir de produire à bas prix. L'orfèvrerie de cuivre jaune, argentée ensuite à une épaisseur suffisante, au moyen des procédés électro-chimiques (voir notre article DORURE) conservera un caractère propre, celui de l'imitation de l'orfèvrerie fine. Il y aura, cependant, un écueil à éviter, en prenant le parti de ne point diminuer indéfiniment l'épaisseur du métal, ce sera de faire trop massif, c'est-à-dire de fabriquer du bronze au lieu de l'orfèvrerie. Parce que l'or et l'argent sont des métaux précieux, on a dû économiser leur emploi, et par suite chercher à donner à tous les objets fabriqués avec ces deux matières premières une certaine légèreté, une élégance de bon goût mais sans maigreur. Le fabricant d'orfèvrerie de cuivre devra s'attacher à reproduire ce caractère, à obtenir des détails d'une grande finesse, un mat ou un poli d'une grande douceur. Les ornements devront être fondus par un fondeur soigneux, habitué au moulage et à la fonte de l'orfèvrerie fine. Autant que possible, pour ne pas rentrer dans la fabrication du plaqué, on devra éviter de faire les anses, les pieds, tous les ornements avec de l'estampé seulement. La ciselure délicate, la gravure artistique seront nécessaires. La charpente des pièces, au contraire, sera faite par les procédés mécaniques les plus parfaits, c'est-à-dire au tour et au marteau à planer.

Nous ne nous étendrons point sur les procédés mécaniques, déjà indiqués plusieurs fois dans ce Dictionnaire

et dans le cours même de cet article. Nous dirons seulement que le travail du tour consiste à couper la plaque de la grandeur et de la forme convenables; à la placer sur le tour, sur un mandrin en bois, et, à l'aide d'un brunissoir en acier poli et trempé dont le manche fait levier, en s'appuyant contre une cheville placée dans un trou, dont on est libre de varier la position, à forcer la plaque à s'adapter exactement sur toutes les parties du mandrin. En changeant de mandrin plusieurs fois, on obtient la forme voulue. Il faut recuire la pièce toutes les fois qu'elle en a besoin, afin qu'elle puisse se ramollir au point de suivre toutes les dépressions et renflements du mandrin ou moule sur lequel on l'applique. A l'emploi du tour circulaire, on peut joindre aussi l'emploi du tour ovale, machine ingénieuse dont la plate-forme en cuivre jaune offre au milieu une pièce longue à coulisse, en acier, qui, se décentrant à chaque instant par l'effet du va-et-vient que son propre poids lui imprime, donne le moyen de tourner les ovales des plus grandes dimensions, et de faire les plateaux, les plats, etc. (Voyez TOURS COMPOSÉS, *Complément.*) Les diverses pièces sont soudées entre elles, et les pieds, les anses, sont attachés par des écrous; des bates, c'est-à-dire des cercles de renfort ornés ou non ornés, sont placés à tous les endroits sujets à être fatigués. Le fabricant reconnaîtra d'ailleurs que chaque fois que les pièces additionnelles seront nécessaires pour obtenir la solidité des objets produits, elles seront aussi indiquées par les principes de l'art et du bon goût. BARRAL.

Nous indiquerons ici un progrès important accompli pour l'exécution de l'orfévrerie, par un emploi convenable de la galvanoplastie.

GALVANOPLASTIE RENFORCÉE. — Les ornements des pièces d'orfévrerie doivent être d'une grande perfection d'exécution, comme tout détail qui doit être vu de près. Aussi est-ce le plus souvent par le travail direct de l'artiste, par le repoussé que ces ornements sont produits dans les pièces capitales; mais il faut remarquer qu'alors la reproduction de l'œuvre n'étant plus en question, c'est de l'art que l'on fait et nullement de l'industrie. Lorsqu'il s'agit de ce dernier cas, ou lorsqu'on veut multiplier l'œuvre du maître, c'est à la gravure sur acier, extrêmement dispendieuse, qu'il faut avoir recours si l'on veut éviter la fonte qui, à cause du haut point de fusibilité des métaux employés, ne pouvant être obtenue qu'à l'aide d'un moulage en sable, est nécessairement imparfaite. Il en résulte alors la nécessité d'un travail considérable de ciselure, qui augmente énormément, quand il est bien fait, le prix des pièces.

Tout ceci est évité par la galvanoplastie. L'empreinte du modèle est d'une exactitude absolue, étant prise à l'aide de gutta-percha un peu chauffée et pressée sur le modèle; elle vient recevoir à son tour, par la galvanoplastie, un dépôt de cuivre ou d'argent qui peut avoir telle épaisseur que l'on désire, en prolongeant suffisamment l'opération. Ce relief est la reproduction exacte du modèle : toutes les vivacités, toutes les finesses s'y reproduisent, et il n'y a plus à s'occuper de ciselure ni de rien de semblable.

Toutefois, à ces avantages de perfection, de bon marché dans la reproduction de belles pièces, il y eut d'abord quelques compensations. Souvent la pièce sortait du bain peu épaisse en quelques parties; en général, le dépôt est moins fort dans les parties qui paraissent en creux dans le moule lors du dépôt, les plus éloignées de la plaque soluble; l'assemblage de cette espèce de tôle de cuivre offrait quelques difficultés; elle possédait une sonorité désagréable. Tous ces inconvénients ont disparu par l'emploi d'un tour de main qu'ont acquis les bons ouvriers qui se sont livrés à ce travail, et qui consiste à remplir avec de la soudure forte toutes les cavités intérieures de la pièce, de manière à lui donner toutes les qualités désirables comme poids, comme résistance, en faire en un mot des pièces comparables de tout point aux pièces fondues, tout en leur conservant leurs qualités de perfection absolue qui dispense de retouche, de ciselure coûteuse et bien souvent imparfaite.

Les maisons Christofle, Odiot et les principaux orfévres sont entrés avec succès dans une voie qui permet d'économiser beaucoup de main-d'œuvre, surtout pour les œuvres d'art qui eussent exigé l'emploi de la fonte et de la ciselure; de supprimer l'emploi de matrices d'acier très-coûteuses; d'exécuter avec précision et facilité des pièces dont la richesse d'ornementation, sans augmentation de dépense, n'a pas de limites; enfin, de substituer aux pièces creuses et imparfaites d'abord obtenues, des pièces massives, dont les avantages pour l'ameublement et l'orfévrerie destinée aux usages de la table sont évidents.

Voici maintenant le mode d'opérer, supposant obtenu, en opérant comme nous l'avons indiqué plus haut, le creux en cuivre d'épaisseur assez grande, et surtout formé de cuivre bien homogène (ce qui exige une opération exécutée d'une manière continue, sans variation notable du courant, de la température, de l'acidité des liqueurs), de manière à pouvoir être chauffée au rouge sans se déformer, sans qu'il se déclare des écailles ou des fentes.

On remplit le creux intérieur de ces cuivres avec du laiton coupé en petits morceaux cylindriques, et le tout est soumis à la chaleur intense du chalumeau à gaz, qui fond et soude les divers fragments, avec l'aide du borax, avec eux-mêmes comme avec la coquille galvanoplastique. Le creux ainsi renforcé est dressé, coupé, limé, cintré même au besoin avec la plus grande facilité.

ORGUES. L'orgue est un instrument à clavier ou à cylindre dans lequel le son est produit et soutenu au besoin par l'action de l'air comprimé sur divers appareils sonores.

Tout orgue renferme donc une soufflerie où l'on accumule de l'air sous une pression plus ou moins forte, puis des appareils distributeurs qui conduisent le vent sous une série de soupapes destinées à le laisser échapper dans les divers organes sonores, au sein desquels il est mis en vibration; enfin un clavier qui permet à l'artiste de faire parler l'instrument et d'en combiner les sons suivant les exigences de l'improvisation ou les prévisions de la musique écrite. Cette dernière partie de l'instrument est remplacée quelquefois par un cylindre tournant, dont la surface est couverte de pointes convenablement espacées. Ces pointes agissent sur des organes de transmission, qui ouvrent les soupapes et peuvent ainsi reproduire, avec plus ou moins de fidélité, suivant des combinaisons préparées à l'avance, les effets que l'organiste obtient par l'attaque du clavier.

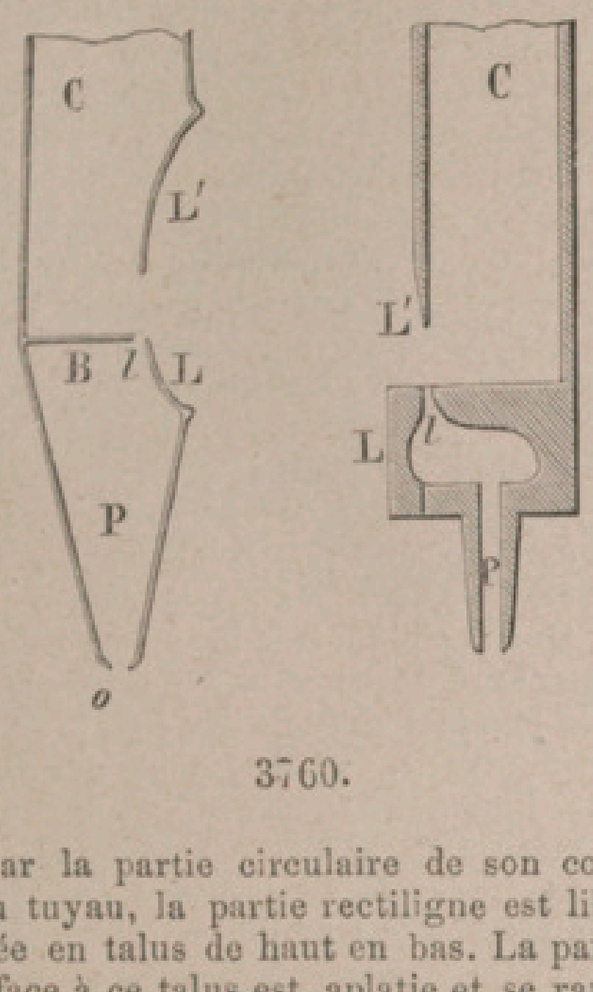
Les orgues de petite dimension ne sont que la reproduction réduite et simplifiée des grands instruments qui, dans nos églises, aident par leur puissante sonorité aux pompes du culte. Nous nous occuperons donc d'abord de la disposition et des effets de l'orgue d'église.

§ Ier. ORGANES SONORES.

Les organes sonores de l'orgue d'église sont compris sous deux groupes principaux, les tuyaux à bouche et les tuyaux à anche; ces tuyaux sont en métal ou en bois.

Les tuyaux à bouche en métal sont formés d'une partie conique P qu'on appelle *le pied*, surmontée d'une partie cylindrique C, appelée *le corps du tuyau*. Le pied porte à sa partie inférieure une ouverture O qui est

l'embouchure. Il est séparé du corps par une lame épaisse de métal B ayant la forme d'un segment de cercle (fig. 3760). Cette lame prend le nom de *biseau ;* elle est



3760.

soudée par la partie circulaire de son contour aux parois du tuyau, la partie rectiligne est libre, et elle est coupée en talus de haut en bas. La paroi du pied qui fait face à ce talus est aplatie et se rapproche du biseau de manière à ne laisser entre elle et le biseau qu'une fente étroite L appelée *lumière*. Cette partie aplatie L prend le nom de *lèvre inférieure*. Le corps du tuyau s'élève verticalement au-dessus du pied auquel il est soudé par les trois quarts de son contour. La partie du corps qui est au-dessus de la lumière est coupée à une certaine hauteur au-dessus du biseau; elle est aplatie et terminée inférieurement par un bord rectiligne placé juste au-dessus de la lumière.

Cette partie aplatie L' analogue, par sa forme à la *lèvre inférieure*, prend lenom de *lèvre supérieure*. L'ensemble des deux lèvres et de la lumière forme ce qu'on appelle la *bouche* du tuyau. C'est en effet cette réunion d'organes qui permet au tuyau de produire un son, ou, pour employer le langage technique, de parler sous l'action du vent introduit par l'embouchure.

Idée sommaire de la fabrication du tuyau à bouche en métal.

Les tuyaux à bouche en métal sont ordinairement fabriqués avec un alliage de plomb et d'étain. Les proportions de cet alliage varient avec le soin plus ou moins grand apporté dans la construction des tuyaux. Le plomb coûte de 60 à 65 fr. les 100 kilos, tandis que l'étain coûte de 350 à 400 fr., mais aussi son entière mollesse en limite l'emploi. Car d'une part les tuyaux construits avec un alliage renfermant une trop forte proportion de plomb ont une mauvaise sonorité, d'autre part ces tuyaux résistent mal aux travaux de l'accord, et parfois même lorsqu'ils sont de grandes dimensions peuvent s'affaisser sous lour propre poids.

Voici les proportions des alliages employés dans la bonne facture pour les tuyaux de montre qui garnissent la façade de l'orgue et par leur éolat argentin ajoutent à l'effet de la décoration ; on emploie : $\frac{9}{10}$ d'étain fin et $\frac{1}{10}$ de plomb.

Pour les corps des jeux d'anches $\frac{4}{5}$ étain et $\frac{1}{5}$ de plomb.

Pour les jeux de l'intérieur de l'orgue $\frac{3}{4}$ étain et $\frac{1}{4}$ de plomb.

Pour les pieds des tuyaux et les porte-vent on emploie un alliage connu sous le nom d'étoffe et qui renferme $\frac{2}{3}$ d'étain et $\frac{5}{8}$ de plomb.

L'étain que l'on emploie habituellement pour la fabrication des tuyaux est l'étain fin de Cornouailles. On emploie pour essayer sa pureté divers moyens fondés

sur l'aspect que prend sa surface en se solidifiant après la fusion. Si on fond une partie de la surface d'un lingot d'étain pur avec un fer à souder, la partie touchée doit après le refroidissement être luisante, blanche et unie. Dans le cas où le métal est mêlé d'oxyde, la surface fondue est raboteuse dans une étendue plus ou moins grande ; enfin elle est mate et grise si l'étain est allié de plomb. Un des moyens les plus employés pour vérifier la pureté de l'étain est l'essai *à la balle*. Cette méthode consiste à fondre dans un moule une balle d'étain dont la pureté est connue, et qui sert de type, puis à fondre dans le même moule une balle de l'étain que l'on veut vérifier. Si la deuxième balle pèse autant que la première, l'étain est pur. Si elle pèse davantage, il est allié de plomb ; il est mélangé d'oxyde si elle pèse moins.

Pour fabriquer les tuyaux on commence par couler l'alliage en planches d'une épaisseur appropriée à l'emploi qu'on en veut faire. A cet effet on a une longue table parfaitement dressée, construite avec des madriers épais que l'on assemble avec des traverses en bois et des chevilles en bois ou en fer. On recouvre cette table d'une toile de coutil bien tendue, cette toile est fixée à un châssis qui entoure la table. Sur cette table est posée une auge ouverte à sa partie inférieure et dont trois côtés appuient exactement sur la table, le quatrième est mobile et laisse entre la table et lui un intervalle plus ou moins grand; quand l'auge est à l'extrémité de la table, cette ouverture est fermée par une tringle de bois fixée à la table elle-même.

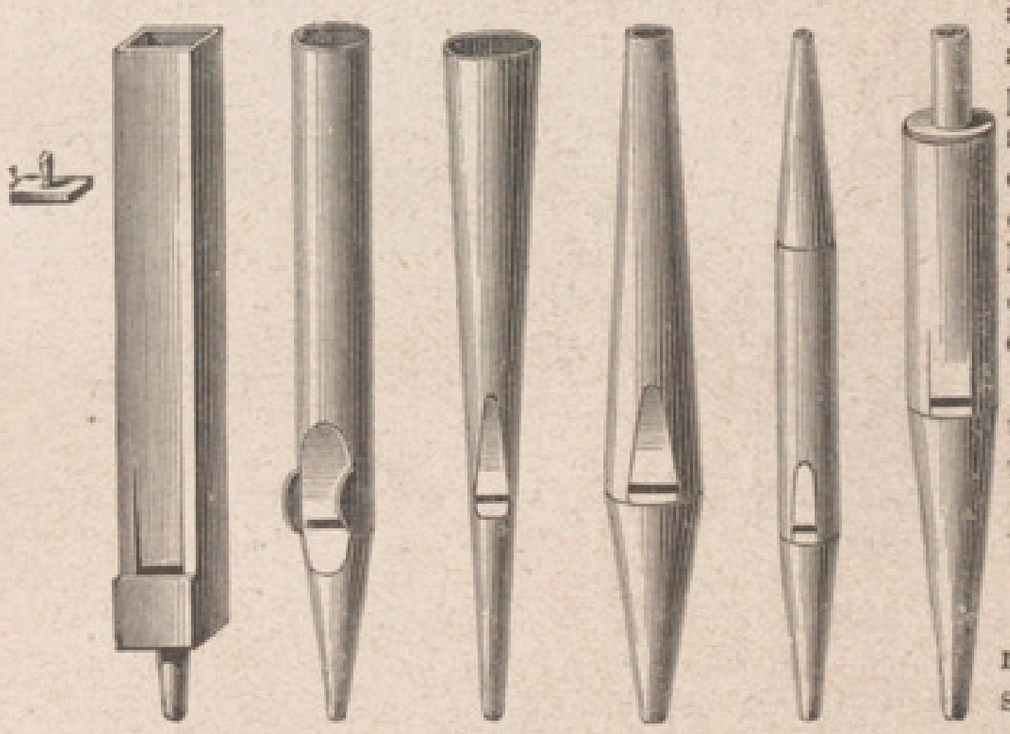
L'auge est munie d'une coulisse qui glisse dans une feuillure pratiquée dans l'épaisseur du châssis qui est fixé à la table. Quand on veut couler une feuille d'alliage, on commence par fondre l'alliage dans une chaudière, puis on met dans une marmite en fer la quantité que l'on veut employer ; on enlève avec soin la crasse qui s'est accumulée à la surface, ce qui se fait facilement en communiquant à la masse un mouvement de giration à l'aide d'une cuiller en fer ; l'oxyde qui est plus léger se réunit au centre et on peut l'enlever d'un seul coup. On attend le moment où l'alliage est sur le point de se solidifier et commence à devenir pâteux, on le verse alors dans l'auge, puis on entraîne celle-ci rapidement d'un bout à l'autre de la table. Le métal se dépose alors sous forme d'une feuille d'égale épaisseur qui se fige aussitôt. On a soin de détacher la feuille de la toile avant son complet refroidissement ; sans cela la contraction qu'elle éprouve la ferait rompre par le milieu. Lorsque l'alliage est bien homogène, il est couvert sur toute sa surface de larges yeux ronds et brillants dont la teinte et la dimension varient avec la pureté plus ou moins grande de l'alliage.

Ces feuilles, une fois obtenues, sont rabotées ; souvent aussi elles sont écrasées soit au marteau soit au martinet. Puis on les découpe suivant des profils tracés à l'avance et qui représentent le développement des pieds ou des corps des tuyaux. On recouvre ensuite la surface de ces diverses pièces d'un enduit formé de blanc d'Espagne mélangé avec de la colle forte dissoute dans une assez grande quantité d'eau; enfin on roule les feuilles d'étain à la forme qu'elles doivent avoir, et ensuite on met le métal à nu dans les parties qui doivent être soudées entre elles. Dans les pieds comme dans les corps des tuyaux les soudures sont faites à la partie postérieure. On emploie ordinairement pour la soudure un alliage de $\frac{5}{6}$ d'étain fin et $\frac{1}{6}$ de plomb. Les soudures s'effectuent au moyen d'un fer de forme conique tenu avec une poignée en bois. Les ouvriers exercés font couler cette soudure qui se fige entre les deux bords de la feuille métallique en laissant un petit cordon uni et saillant. Il est bien évident que les parties du pied et du corps du tuyau qui doivent former la lèvre inférieure et la lèvre supérieure ont dû

être tout d'abord aplaties et la taillées à forme convenable. Dans les grands tuyaux on pratique à l'endroit des lèvres deux échancrures en forme d'arcade, puis on relève le métal de manière à former des rebords saillants sur lesquels on rapporte deux pièces en forme d'écusson.

Les tuyaux à bouche se divisent en trois groupes : tuyaux ouverts, tuyaux bouchés, tuyaux à cheminée. Dans les tuyaux bouchés ou bourdons l'extrémité supérieure est fermée par un fond en métal soudé sur le contour du tuyau. Quelquefois on emploie pour boucher le tuyau une calotte cylindrique en métal qui enveloppe le corps du tuyau, et pour qu'elle joigne hermétiquement on a soin de coller sur le contour du tuyau un papier épais ou une mince bande de peau. Cette disposition a l'avantage de rendre l'accord du tuyau plus facile. Dans les tuyaux à cheminée la partie supérieure du tuyau est partiellement fermée par un fond annulaire au centre duquel s'élève un tube plus étroit qui est la cheminée.

Enfin on construit également des tuyaux dans lesquels les corps sont coniques et vont en s'élargissant de bas en haut et de haut en bas, d'autres dans lesquels le corps cylindrique d'abord se rétrécit ensuite en forme de fuseau; d'autres dans lesquels les corps cylindriques se terminent par un pavillon évasé (fig. 3761).



3761.

Ces diverses formes ont pour objet de modifier le timbre des tuyaux. Nous y reviendrons plus tard.

Tuyau à bouche en bois. — Les tuyaux en bois sont construits d'après les mêmes principes que les tuyaux en métal, seulement ils sont à section rectangulaire; le pied, au lieu d'être conique, a la forme d'un bloc à peu près cubique; la base inférieure de ce bloc porte un conduit cylindrique P qui sert à amener le vent. L'air sort du pied par une fente étroite qui est la lumière et vient se briser contre la lèvre supérieure dont le tranchant est placé au-dessus. Le corps du tuyau s'élève perpendiculairement au-dessus du pied, sous la forme d'un prisme creux à section rectangulaire, et c'est la face antérieure de ce prisme qui est raccourcie et coupée en plan incliné pour former la lèvre supérieure du tuyau.

La construction des tuyaux en bois est facile à comprendre, elle s'exécute ainsi qu'il suit. On prend quatre planches de longueur et de largeur convenables, puis un bloc de bois destiné à former le pied. On entaille ce bloc à l'aide de la scie et du ciseau, de façon à ce qu'il soit ouvert par devant et par les côtés; on assemble ensuite sur ce bloc trois des planches qui doivent former le tuyau, et on a alors une gouttière rectangulaire présentant à l'une de ses extrémités une cavité prismatique dont le fond et deux parois sont formées par la matière du bloc, et les deux autres parois par la prolongation des parois du tuyau.

La quatrième planche est ensuite entaillée à l'une de ses extrémités de manière à former la lèvre supérieure du tuyau; on l'assemble avec les trois autres planches. Enfin on adapte sur la partie ouverte du bloc une lame rectangulaire de bois épais, c'est cette lame qui fait l'office de lèvre inférieure. Il faut avoir soin, avant de fixer définitivement la lèvre supérieure, de creuser, tant dans cette lèvre que dans la partie du bloc qui joue le rôle de biseau, un sillon qui permette à l'air de s'échapper et serve ainsi de lumière. Enfin quand le tuyau est terminé on en perce le fond et on y ajuste la partie cylindrique du pied. Il arrive souvent que les facteurs ajustent la lèvre inférieure avec des vis en interposant dans le joint une bande de peau; de cette manière il est plus facile de corriger les imperfections du tuyau. Quelquefois même la lèvre supérieure et la lèvre inférieure sont réunies en une seule pièce que l'on rapporte de la même manière sur tuyau.

Dans les petits tuyaux l'ajustement des parois se fait par simple juxtaposition avec interposition de colle forte. Dans les grands il est utile de pratiquer dans le bois des feuillures, de façon que les diverses parties rentrent les unes dans les autres afin de mieux en assurer l'ajustement. On peut aussi consolider le tuyau en collant à la partie supérieure un ruban de fil que l'on enroule autour du tuyau. Cette précaution est surtout utile pour les bourdons ou tuyaux bouchés. En effet, on se sert, pour boucher la partie supérieure de ces tuyaux, d'un tampon en bois garni de peau, que l'on enfonce dans le corps du tuyau de manière à le réduire à la longueur convenable, et on conçoit que la pression exercée latéralement par ce tampon peut avoir pour effet de faire éclater le tuyau.

Les anciens facteurs conseillaient de construire les tuyaux en chêne; aujourd'hui on a généralement l'habitude de les faire en sapin, seulement on réserve le chêne pour la bouche. On a soin, du reste, de protéger le bois par une couche de peinture.

Division des jeux à bouche. — Les divers tuyaux que nous venons de décrire sont groupés dans l'orgue par série chromatique de 54 notes au plus, qui constituent chacune *un jeu*. Tous les tuyaux d'un même jeu doivent être embouchés de façon à présenter dans leur sonorité une continuité de timbre aussi parfaite que possible. Les facteurs ne s'assujettissent pas à une homogénéité complète dans la sonorité d'un même jeu depuis le grave jusqu'à l'aigu. En effet, dans l'orgue, comme dans tout instrument à clavier, les diverses parties de l'échelle des sons ne sont pas appelées à jouer le même rôle; les unes serviront de base à l'harmonie, les autres devront faire ressortir le chant. On doit donc, dans toute l'étendue d'un jeu, faire varier les proportions des tuyaux d'une manière continue, tout en se réservant de modifier dans certaines parties du jeu la loi suivant laquelle se fait le décroissement des diverses dimensions.

Les jeux sont ordinairement désignés d'après la longueur du tuyau le plus grave qui est ordinairement un ut. Les jeux ouverts sont en allant du grave à l'aigu. La flûte ouverte de trente-deux pieds, celles de seize pieds, de huit pieds, de quatre pieds, de deux pieds. A côté de ces jeux se trouvent les jeux bouchés de même intonation, dont la longueur est moitié moindre. Ce sont le bourdon de trente-deux pieds ou flûte bouchée de seize, le bourdon de seize pieds ou flûte bouchée de huit, le bourdon de huit ou flûte bouchée de quatre pieds.

Ces divers jeux, suivant leur taille et la manière dont ils sont embouchés, suivant la pression du vent,

peuvent à égalité de hauteur différer par le timbre. Il arrive donc dans un orgue que le même jeu ou plutôt la même série de tuyaux peut se trouver répétée un certain nombre de fois sous des noms différents. En général les jeux de menue taille sont doués d'une sonorité mordante qui rappelle les instruments à archet, de là le nom de *violes* que l'on donne à ces jeux; tels sont la *basse de viole*, la *viola di gamba*, dont on a fait par abréviation *la gambe*. Dans les jeux de grosse taille au contraire le son est rond, moelleux, quelquefois même un peu sourd. Il y a donc dans ces timbres différents deux points extrêmes entre lesquels on trouve toute une série de nuances intermédiaires.

L'orgue renferme également d'autres jeux que l'on désigne sous le nom de jeux de mutation. Ils sont *simples* ou *composés*. Les jeux de mutation *simples* sont à la quinte ou à la tierce des jeux principaux dont nous venons de parler, tel est le *gros nasard* dont tous les tuyaux donnent la quinte des tuyaux correspondants du jeu de huit pieds. Le *nasard* dont tous les tuyaux donnent la quinte de ceux du jeu de quatre pieds. La *grosse tierce* qui donne la tierce du quatre pieds, et la *tierce* qui donne les tierces du jeu de deux pieds. Les jeux composés sont la fourniture, la cymbale, le cornet.

Chaque note de la fourniture est formée de quatre ou cinq et quelquefois sept tuyaux qui parlent à la fois et donnent, le premier un son ayant l'intonation de la touche correspondante du clavier, c'est-à-dire un ut si cette touche est un ut, puis la quinte de cette même note, puis l'octave, puis la quinte de cette octave, etc. La cymbale présente une composition analogue ; le tableau suivant indique la composition de la première note de ces deux jeux.

Fourniture.				Cymbale.			
ut_2	4	pieds.		ut_2	4	pieds.	
sol_2	32	pouces.		sol_2	32	pouces.	
ut_3	2	pieds.		ut_3	2	pieds.	
sol_3	16	pouces.		sol_3	16	pouces.	
ut_4	1	pied.		ut_4	1	pied.	
sol_4	8	pouces.		sol_4	8	pouces.	
ut_5	6	pouces.		ut_5	6	pouces.	
				sol_5	4	pouces.	
				ut_6	3	pouces.	

Dans ces jeux chaque rangée renferme la série chromatique des notes; seulement de distance en distance la série se continue à l'octave grave; ainsi aux tuyaux $réit_2$ mi_2 succèdent les tuyaux fa_1, $fait_1$, sol_1, etc.; ces changements constituent ce qu'on appelle *les reprises*, elles sont nécessitées par l'impossibilité où l'on serait de prolonger jusqu'au bout chaque série sans atteindre la limite des sons aigus. En outre elles donnent un caractère différent au jeu suivant la manière dont elles sont disposées, et c'est précisément la fréquence plus grande de ces reprises qui caractérise la cymbale et la distingue de la fourniture.

Ces deux jeux ne se jouent jamais seuls; on y joint toujours les 32 pieds, les 16 pieds, les 8 pieds, et cet ensemble forme ce qu'on appelle le plein jeu.

La fourniture et la cymbale ont pour effet de donner au plein jeu un caractère et un mordant particuliers qui convient spécialement au plain-chant. Seulement ces jeux doivent avoir une importance subordonnée à celle de l'orgue dont ils font partie, et on les réduit dans la même proportion ; ainsi dans beaucoup d'orgues la cymbale n'existe pas, et la fourniture est réduite à 5, 4 et quelquefois 3 rangées prises parmi les plus aiguës.

Le *cornet* est un jeu composé, comme les précédents, de plusieurs rangées de tuyaux dont le nombre peut s'élever jusqu'à sept. Ce jeu ne s'étend ordinairement que dans la moitié supérieure du clavier, les diverses rangées qui le composent sont à l'unisson des *huit pieds*, des *prestants*, du *nasard*, de la *doublette* et de la *tierce*. Quoique chaque note de ce jeu se compose de cinq tuyaux elle ne donne qu'un seul son, celui du tuyau le plus grave; seulement le timbre a un caractère tout particulier qui est celui des tuyaux à anches : de là le nom de cornet donné à ce jeu.

Proportion des diverses parties des tuyaux à bouche.

La hauteur du son rendu par un tuyau dépend de ses diverses dimensions. La longueur du corps est l'élément qui influe le plus sur le ton d'un tuyau ; en général le nombre de vibrations donné par un tuyau est à peu près inversement proportionnel à la longueur du corps.

Les autres dimensions du tuyau ont aussi leur influence ; ainsi, à égalité de longueur, un tuyau est d'autant plus grave que son diamètre est plus grand. Par suite, les tuyaux de même taille sont pour la même note toujours plus longs que ceux de grosse taille.

La hauteur de la bouche et sa largeur influent également sur le son du tuyau. Le son baisse toutes les fois qu'on diminue la largeur de la bouche ; quant à la hauteur elle exerce deux influences contraires. En effet, quand on rend la bouche plus haute, la lèvre supérieure s'éloigne de la lumière, et, par suite, la longueur de la lame d'air vibrante comprise dans la hauteur de la bouche augmente; ce qui tend à abaisser le son ; mais, d'autre part, la partie inférieure du corps communiquant avec l'air par une plus large ouverture, le son tend à monter. L'expérience prouve, du reste, qu'il y a pour chaque tuyau une hauteur de bouche qui convient mieux que toute autre pour bien faire parler le tuyau.

La pression de l'air insufflé dans le tuyau en modifie également le son, qui est d'autant plus élevé que la pression est plus forte. En général, la hauteur de bouche sous laquelle un tuyau produit le meilleur effet est d'autant plus grande qu'il est embouché sous une plus forte pression.

On voit donc que le facteur dispose d'un certain nombre d'éléments dont il peut user à sa guise pour amener les tuyaux à l'intonation convenable. Mais ces divers moyens n'ont pas seulement pour effet de modifier le son dans sa hauteur, ils en changent également le timbre et l'intensité, de sorte que, si les tuyaux n'ont pas été construits à l'avance dans des proportions convenables, leur accord ne peut se faire que par des modifications qui nuisent à l'égalité des jeux. Ce défaut d'homogénéité dans le timbre des jeux est un des vices les plus fréquents dans les instruments qui sont l'œuvre de facteurs inhabiles ou négligents.

Il est donc indispensable d'avoir des règles précises qui permettent d'arriver du premier coup aux dimensions les plus convenables pour les divers tuyaux d'un même jeu ; ces diverses dimensions doivent varier suivant une loi régulière, quand on parcourt la série chromatique des sons ; et c'est précisément la règle pratique destinée à fournir ces diverses dimensions qui constitue ce qu'on appelle le *diapason d'un jeu*.

Avant d'établir cette règle il est nécessaire que nous fassions une courte digression sur quelques principes fondamentaux d'acoustique.

Les sons, quelle que soit leur hauteur, se propagent avec une vitesse constante d'environ 340^m à la température de 16° ; par conséquent, si un son est produit par un corps exécutant, par exemple 100 vibrations par seconde, la distance à laquelle le son se propage pendant la durée d'une vibration est égale à la 100e partie de 340^m, c'est-à-dire à 340^m divisés par le nombre de vibrations ; cette distance est précisément ce que les physiciens appellent la longueur d'onde.

Le tableau suivant donne le nombre de vibrations

des diverses notes de la gamme tempérée qui commence par le *la* du diapason normal, lequel exécute, comme on le sait, 870 vibrations par seconde.

Notes.	Nombres de vibrations par seconde.	Longueurs d'onde. mm.
La	870	390,8
La dièse ou Si bémol	922	368,8
Si	976,5	348,1
Ut	1034	328,6
Ut dièse ou Ré bémol	1096	310,1
Ré	1161	292,7
Ré dièse ou Mi bémol	1230	276,3
Mi	1303	260,8
Fa	1381	246,1
Fa dièse ou Sol bémol	1463	232,3
Sol	1550	219,3
Sol dièse ou La bémol	1642	207,0
La	1740	195,4

Pour obtenir les vibrations qui correspondent aux mêmes notes dans les octaves supérieures, il faudrait multiplier les nombres du tableau par 2, 4, 8, etc., et pour obtenir les nombres de vibrations correspondant aux octaves inférieures, il suffirait de diviser par 2, 4, 8, etc.

Les longueurs d'onde s'obtiendraient, au contraire, en divisant par 2, 4, 8, etc., pour les octaves supérieures, et en multipliant par 2, 4, 8, pour les octaves inférieures.

Ces considérations étaient nécessaires pour comprendre ce qui va suivre. En effet, l'expérience et la théorie s'accordent à prouver qu'en soufflant dans des tubes ouverts aux deux bouts ayant pour longueurs les longueurs d'onde, les sons qu'on obtient sont précisément ceux qui correspondent à ces mêmes longueurs d'onde. Il semble donc que pour obtenir des tuyaux rendant les divers sons de la gamme, il suffit de donner aux corps de ces tuyaux des longueurs précisément égales aux longueurs d'onde. Si on opérait ainsi, on aurait des tuyaux tous trop bas; en effet, dans les tuyaux d'orgue le bas du tuyau est partiellement fermé, ce qui abaisse le son; par suite, pour qu'un tuyau d'orgue donne le même son qu'un tuyau embouché à plein orifice, il faut le tenir un peu plus court et lui donner une longueur égale non pas à la longueur d'onde, mais à cette longueur diminuée d'une certaine quantité variable avec le tuyau. M. Cavaillé-Coll a donné à cet égard la règle suivante dont l'exactitude est constatée par une longue pratique.

1° Dans les tuyaux à section rectangulaire, c'est-à-dire les tuyaux de bois, on prend pour longueur la longueur d'onde diminuée de deux fois la profondeur du tuyau.

2° Dans les tuyaux à section circulaire on prend pour longueur des corps la longueur d'onde diminuée des cinq sixièmes du diamètre du tuyau.

Cette règle permet de calculer à l'avance les longueurs de tous les tuyaux d'un même jeu dès qu'on est convenu de suivre une certaine progression pour les diamètres.

Tuyaux octaviants, tuyaux harmoniques.

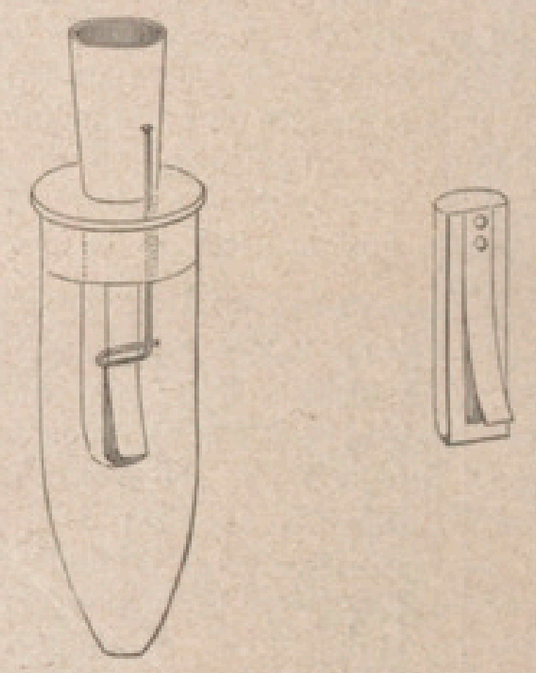
Lorsqu'un tuyau à bouche est mis en vibration par un vent de plus en plus fort, il rend une série de sons que l'on désigne sous le nom de sons harmoniques. Le plus grave de ces sons étant pris pour son fondamental, le suivant est à l'octave, celui qui vient ensuite à la quinte de l'octave, puis vient la double octave, la tierce majeure de la double octave, la quinte de cette double octave, etc. On facilite singulièrement l'émission de ces sons harmoniques en diminuant la hauteur de la bouche à mesure que l'harmonique est plus élevé. C'est ainsi que des tuyaux convenablement embouchés, au lieu de donner le son fondamental, sonnent inévitablement son octave et présentent par suite la même intonation que des tuyaux moitié plus courts, mais avec un timbre tout à fait différent : on donne à ces tuyaux le nom de tuyaux octaviants.

On peut aussi emboucher les tuyaux de manière à leur faire rendre le troisième, quatrième ou cinquième harmonique. Ils prennent alors le nom de tuyaux harmoniques ; seulement, pour assurer l'émisson du son, il est utile de percer, comme l'a fait M. Cavaillé, un trou en un point du tuyau où se trouve un ventre de vibration. La pratique, d'accord sur ce point avec la théorie, indique qu'il faut percer ce trou à une distance de l'ouverture supérieure égale à la longueur d'onde de son que le tuyau doit rendre.

Pour avoir la longueur du corps d'un tuyau harmonique on calcule, d'abord d'après la règle de M. Cavaillé, la longueur du tuyau qui aurait pour son fondamental le ton que doit donner le tuyau qu'on construit, et on ajoute à cette longueur un certain nombre de fois la longueur d'onde correspondant à ce même son.

Tuyaux a anche.

Les tuyaux à anche sont des tuyaux dans lesquels le son est produit par l'écoulement intermittent de l'air sous une lame vibrante (fig. 3762). Ces tuyaux sont à anche battante ou à anche libre. Les tuyaux à anche battante se composent d'un pied qui amène le vent dans le tuyau. Ce pied est cylindrique et a ordinairement de 15 à 30 cent. de hauteur. Il est fermé à sa partie supérieure par un bouchon également cylindrique, appelé noyau ; le noyau est surmonté d'un tube conique que l'on appelle la boîte. Le noyau est percé de part en part, et dans l'ouverture entre à force une gouttière semi-cylindrique. Sur cette gouttière est appliquée une languette en laiton écroui qui fermerait exactement la gouttière, si elle était rigoureusement planée. Mais cette languette est légèrement courbée et laisse un petit intervalle entre sa surface et le bord de la gouttière. L'ensemble de la gouttière et de la languette forme ce qu'on appelle l'anche. Cette anche ne ferme pas complétement le trou cylindrique pratiqué au noyau ; l'espace restant est rempli par un coin de bois qui sert en même temps à assujettir l'anche. Dans la boîte est engagé le corps du tuyau qui est habituellement conique.



3762.

Le vent arrive dans le tuyau par le pied, passe entre la gouttière et la languette et met celle-ci en vibration. Pour régler le ton de l'anche on se sert d'un fil de fer recourbé en crochet qui passe à travers le noyau ; l'extrémité inférieure du fil presse la languette et l'appuie sur la gouttière ; ce fil prend le nom de rasette. On peut donc, en enfonçant plus ou moins la rasette, modifier la longueur de la partie libre de la languette de manière à obtenir un ton plus ou moins élevé.

Dans les tuyaux à anche libre la disposition est analogue, sauf que la languette pénètre librement dans l'ouverture de la gouttière au lieu de venir s'appliquer contre les bords de cette ouverture.

Les jeux à anche libre se distinguent des jeux à

anche battante par le caractère de leur timbre qui a plus de douceur, mais qui manque de mordant et d'éclat. On remarque que dans les jeux à anche battante le pied est sans influence sur le ton de l'anche, tandis que le corps influence ce ton et peut même, s'il est mal proportionné, empêcher l'anche de parler. Dans les tuyaux à anche libre, au contraire, le corps modifie seulement le timbre de l'anche, tandis que le pied doit présenter des dimensions en rapport avec le ton de l'anche.

Il y a plusieurs sortes de jeux d'anches battantes et libres.

Parmi les jeux d'anches battantes nous avons :

La lombarde, jeu de 32 pieds et de 16 pieds ;

La trompette, jeu de 8 pieds ;

Le clairon, jeu de seize pieds.

Dans ces trois jeux les corps sont coniques.

Le cromome est un jeu de 8 pieds dont les corps sont cylindriques ; il a un timbre plus doux que celui de la trompette et dans quelques parties de son étendue rappelle la clarinette.

Le hautbois est un jeu dont les corps ont la forme d'un cône étroit, terminé par un pavillon évasé d'abord et qui se rétrécit ensuite ; il imite plus ou moins parfaitement l'instrument dont il porte le nom.

Le basson est analogue par la forme de son corps à la trompette, il en diffère par l'anche qui bat ordinairement sur une gouttière garnie de peau ; quelquefois aussi cette gouttière est fermée par une paroi dans laquelle est percée une ouverture arrondie par le bout inférieur et terminée en pointe par le haut.

La voix humaine est un jeu à languettes minces et étroites dont tous les pieds ont même dimension et dont le corps est formé d'un cône d'environ 5 centimètres terminé par un bout de cylindre de même longueur. L'ouverture supérieure de ce cylindre est fermée par une lame circulaire de métal soudée sur une partie de son contour et relevée plus ou moins, de façon à laisser échapper le son en en modifiant le timbre.

Les jeux d'anches libres sont peu nombreux. Les plus employés sont le cor anglais et l'euphone. Le premier de ces jeux est construit à peu près dans la forme du hautbois ; il présente des corps formés d'un cône étroit suivi d'un cône plus évasé, terminé par un tronc de cône qui va en se rétrécissant. Le deuxième jeu est monté dans des pieds dont la hauteur croît avec la gravité de son, et le corps est formé d'un cône très-court coiffé d'une espèce de calotte sphérique et percé d'une ouverture latérale pour laisser échapper le son.

§ II. Soufflerie.

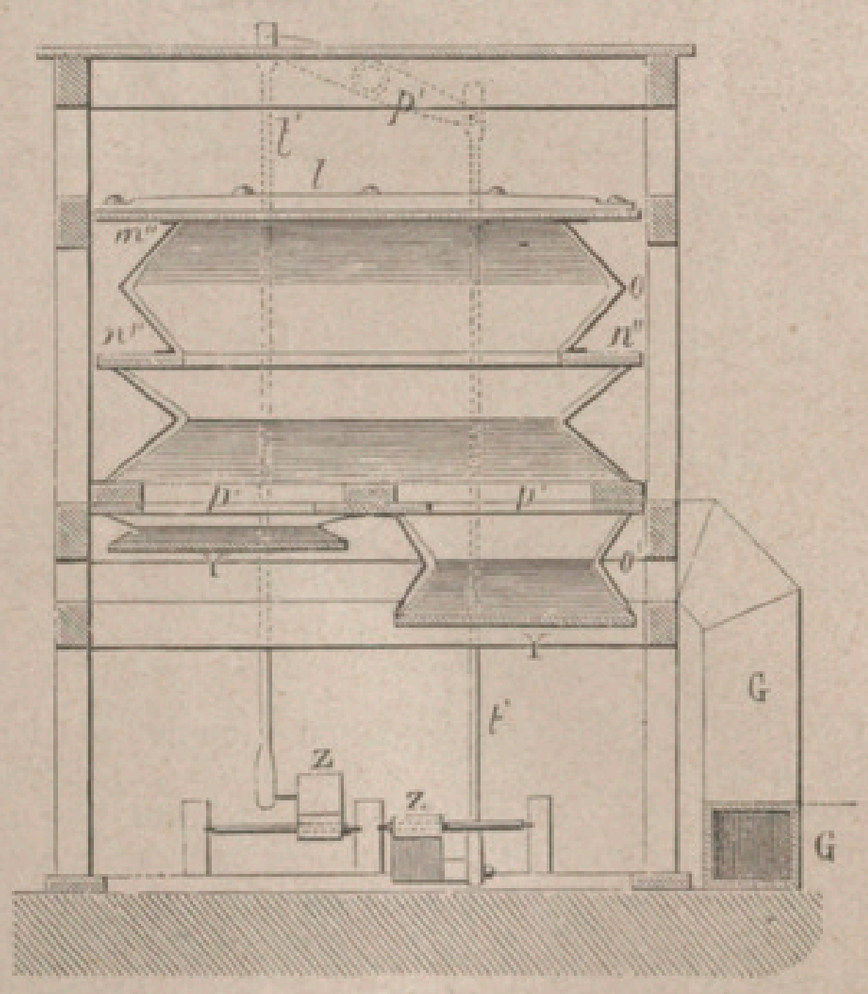
La soufflerie est une des parties les plus importantes de l'orgue, et elle doit être traitée avec un soin particulier ; elle est pour l'orgue ce que sont les poumons pour le chanteur. Un orgue dont la soufflerie est insuffisante sous le rapport du volume et de la pression manque de force et d'haleine et paralyse l'inspiration de l'organiste ; tandis que le même instrument, avec les mêmes jeux, mais avec une soufflerie vaste et puissante, peut produire les plus beaux effets de sonorité sans perdre de son charme dans les nuances délicates.

Dans les anciens instruments, la soufflerie se composait d'une série de soufflets semblables aux soufflets de forge, c'est-à-dire en forme de coin. Chacun de ces soufflets avait sa table inférieure fixée sur un châssis à peu de distance sur le sol, et la table supérieure pouvait se relever au moyen d'une bascule sur laquelle le souffleur appuyait. Cette opération développait les plis du soufflet qui se remplissait en aspirant l'air par des trous pratiqués à la table inférieure. Ces trous étaient bouchés par des lames de peau collées seulement par un bord et qui jouaient le rôle de soupapes, s'ouvrant de l'extérieur à l'intérieur. La table supérieure était chargée de poids, et la pression exercée par cette table et par les plis sur l'air du soufflet le chassait dans des conduits ou porte-vent destinés à mener le vent jusqu'aux tuyaux. Pour empêcher qu'il ne se produisît dans ce conduit un effet d'aspiration chaque fois que l'on soulevait le soufflet, on avait soin de placer, au point de jonction du soufflet et du porte-vent, une soupape s'ouvrant de l'intérieur du soufflet vers l'extérieur. Cette soupape était disposée à l'intérieur d'un conduit étroit, débouchant dans le soufflet et auquel on donnait le nom de gosier.

Cette disposition de soufflerie avait de graves inconvénients. D'abord la soufflerie occupait une place considérable ; secondement le système mécanique adopté pour relever les soufflets constituait un très-mauvais emploi du travail de l'homme, et le souffleur se fatiguait doublement, obligé qu'il était de se courber à chaque instant jusqu'à terre pour abaisser chaque bascule, et de courir de soufflet en soufflet pour ne jamais laisser l'organiste manquer de vent.

Enfin il était presque impossible, avec ces soufflerie, d'obtenir une pression constante. Nous n'insisterons donc pas davantage sur ce système qui est complétement abandonné aujourd'hui.

Les soufflerie modernes sont basées sur un système dont l'inventeur est un horloger anglais nommé Cummins. Elles ont été importées en France par M. John Albey ; elles se composent d'un réservoir ou soufflet quadrangulaire en forme de lanterne dans lequel le vent s'accumule, et d'un ou deux soufflets cunéiformes placés en dessus et jouant le rôle des pompes. Ces pompes aspirent l'air extérieur et le refoulent dans le réservoir, d'où il s'écoule dans les porte-vent. (Cette disposition est représentée dans la figure 3763.)



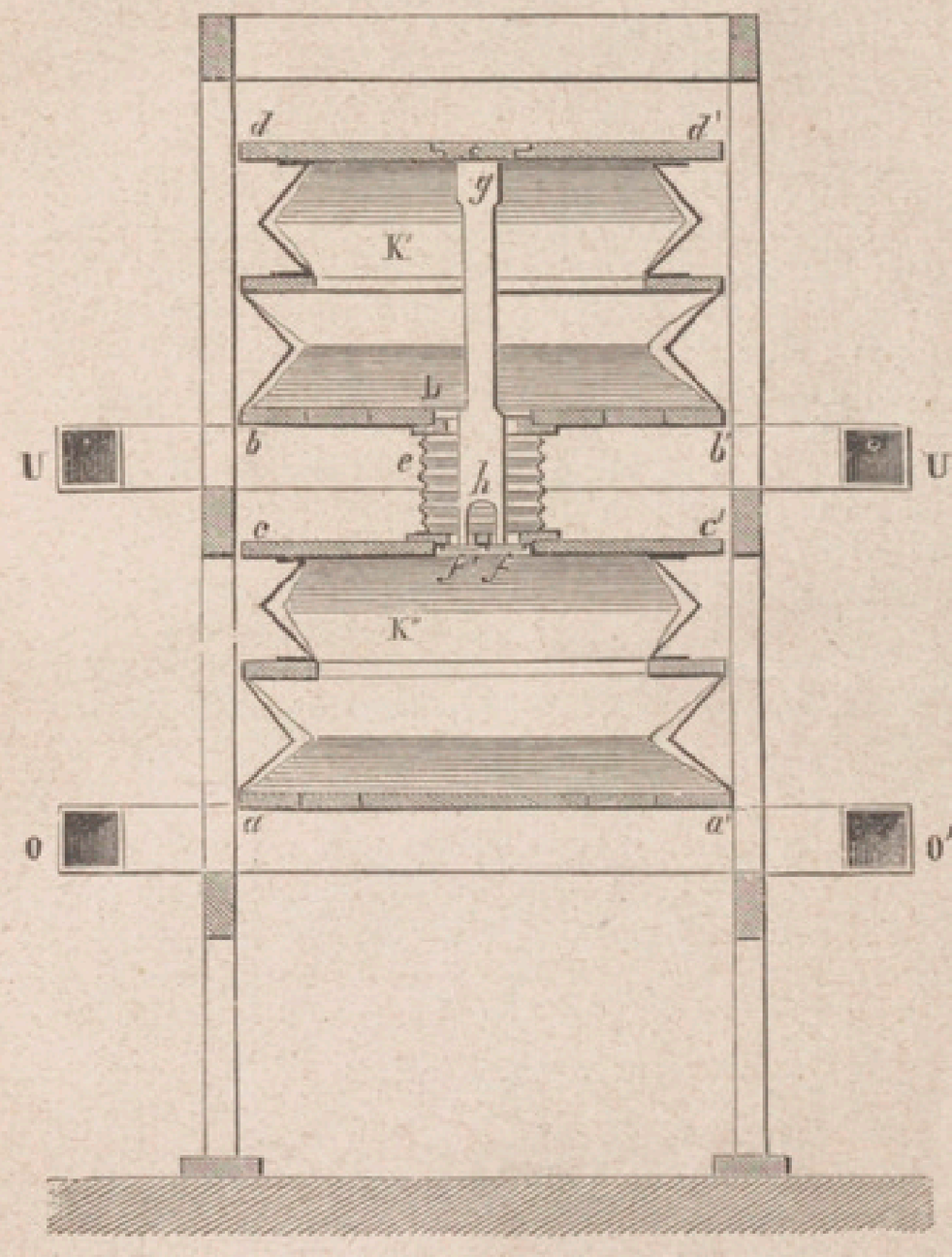
3763.

Si on se contentait de former le réservoir d'une table supportée par des plis, la pression ne pourrait pas être constante ; en effet, le poids du pli s'ajouterait au poids de la table au fur et à mesure qu'ils se déploieraient, et la pression irait en croissant.

Pour éviter cet inconvénient, on dispose la soufflerie de la manière suivante : on la forme de deux tables et d'un cadre intermédiaire réunis par deux plis. La table inférieure est fixe. Le cadre et la table supérieure sont mobiles. Le pli compris dans l'un des intervalles

est saillant, l'autre est rentrant comme l'indique la figure 3764.

Du reste, ces deux plis ont la même dimension. On réunit les deux tables par un système de parallélogrammes articulés qui ont pour effet de faire soulever la table et le châssis intermédiaire à la fois, de façon que les deux plis soient toujours ouverts sous le même angle. De cette manière, dès que le réservoir est tant soit peu ouvert, le poids tout entier de la table mobile, du châssis et des plis, exerce sa pression sur l'air intérieur; quant à la disposition du pli, elle a pour effet de neutraliser l'influence que l'ouverture des plis peut exercer sur la charge du soufflet. En effet, si la pression de l'air intérieur tend à fermer l'un des plis, elle tend aussi à ouvrir l'autre, et ces deux efforts égaux se compensent de telle sorte qu'il y a toujours, à quelque hauteur que soit le soufflet, la même relation entre le poids des pièces qui le constituent et la pression de l'air intérieur (fig. 3764).



3764.

Les pompes situées en dessous du soufflet ont leur table inférieure mobile. Elle est percée de plusieurs rangées de trous recouverts intérieurement par des lames rectangulaires de peau collées par un de leurs bords. Ces lames font l'office de soupapes et s'ouvrent vers l'intérieur. La table dormante du réservoir est percée de la même manière et présente un système de soupapes tout à fait semblable. Enfin cette table est elle-même percée d'une ou plusieurs ouvertures communiquant avec les porte-vent.

On emploie, pour faire mouvoir les pompes, un levier qui tourne autour d'un de ses points; de part et d'autre du centre de rotation de ce levier sont attachées des tiges articulées qui soutiennent les pompes, de telle sorte qu'en communiquant à ce levier un mouvement de bascule on peut soulever l'une des pompes, tandis qu'on abaisse l'autre. Ce mouvement alternatif est donné au levier à l'aide d'un de ses bouts que l'on prolonge suffisamment pour que l'effort à exercer ne dépasse pas la force moyenne de l'homme. Mais la meilleure manière de faire mouvoir les pompes est d'employer, comme l'a fait M. Cavaillé, de larges pédales reliées entre elles par de longues tiges verticales articulées aux deux bouts d'un levier horizontal mobile autour de son milieu. De cette manière le souffleur prend ces tiges dans les mains, et, posant ses pieds sur les pédales, les abaisse alternativement en pesant à tour de rôle sur l'une et sur l'autre de tout le poids de son corps. Dans ce système le travail musculaire de l'homme est utilisé de la façon la plus avantageuse. Dans tous les soufflets on fixe à la table inférieure une soupape de décharge fermée par la pression d'un ressort; à cette soupape est attachée une corde fixée par son autre bout à la table supérieure; dès que cette table atteint une certaine hauteur, la soupape est soulevée et l'excès d'air s'écoule.

Soufflerie à diverses pressions. — La pression sous laquelle parlent les divers tuyaux d'un jeu influe considérablement sur la qualité de leur son; l'expérience prouve que les tuyaux graves exigent une grande quantité d'air s'écoulant sous une faible pression; les tuyaux aigus, au contraire, ne parlent bien que sous un vent à forte pression. Cette considération avait échappé aux anciens facteurs d'orgues; on avait bien, dans quelques instruments, employé une pression plus forte pour certains jeux; mais la pression était toujours la même dans l'étendue d'un même jeu, ou du moins elle n'était modifiée que par le plus ou moins d'ouverture donné aux pieds des tuyaux. Aussi existait-il dans les anciennes orgues une disproportion marquée entre la puissance de basses et celle de dessus; c'était principalement dans les jeux d'anches que cette inégalité se manifestait, et on y remédiait d'une façon imparfaite en ajoutant des dessus de trompettes et des cornets, jeux dont l'étendue était bornée à la moitié supérieure du clavier.

M. Cavaillé Coll a remédié le premier à cet inconvénient en employant jusqu'à trois pressions différentes pour les diverses parties d'un même jeu.

Pour obtenir des pressions différentes il place l'un au-dessus de l'autre deux réservoirs semblables (*kk'* fig 5), ces réservoirs communiquent par un gosier flexible *e* fermé de plis superposés; ces réservoirs ont leurs tables supérieures *cc' dd'* inégalement chargées, c'est la table *cc'* qui porte la plus forte charge, une tige *g* est fixée à la table mobile du réservoir supérieur, elle est terminée par deux appendices qui peuvent presser les deux soupapes *ff* destinées à faire communiquer ces deux réservoirs.

Le vent des pompes arrive d'abord dans le réservoir inférieur qui est le plus chargé, la table de ce réservoir se soulève et va au-devant de la tige qui ouvre les soupapes, immédiatement une partie de l'air comprimé se précipite du premier réservoir dans le second et s'y détend sous une pression moindre; la table *dd'* se soulève alors, et au fur et à mesure que les pompes fonctionnent, les deux réservoirs se remplissent d'air aux pressions réglées par la charge des tables; cet air se dépense par les porte-vent *nn'*, *oo'*, et si la dépense de l'un des réservoirs l'emporte sur celle de l'autre, l'action des pompes jointe au système de la tige et ses soupapes rétablit l'équilibre.

§ III. SOMMIERS.

On donne le nom de sommiers à la partie de l'orgue qui supporte les tuyaux et qui a pour fonction de leur distribuer le vent.

Chaque sommier se compose d'un châssis divisé transversalement par une série de tringles de même épaisseur, que l'on appelle les barres. L'intervalle compris entre deux barres consécutives prend le nom de *gravure*. L'assemblage de ces diverses parties doit être fait avec le plus grand soin. Cet ensemble forme ce

qu'on appelle la grille du sommier ; elle doit contenir autant de gravures qu'il y a de notes au clavier correspondant.

Sur la grille on colle un panneau d'environ un centimètre d'épaisseur, c'est ce qu'on appelle la table. Il est indispensable que cette table joigne par tous les points avec les châssis et les barres ; car chaque gravure doit former plus tard un conduit parfaitement étanche. On a même soin de rendre la jonction plus parfaite en remplissant les gravures de colle bien chaude que l'on égoutte ensuite, de façon à laisser sur toute la surface un enduit imperméable.

Sur la table on fixe avec des vis et de la colle les *faux registres* ou *registres dormants*, ce sont des lames de bois d'environ 7 millimètres d'épaisseur sur 27 millimètres de largeur ; elles sont fixées dans une direction perpendiculaire à la longueur des gravures et séparées les unes des autres par un intervalle plus ou moins grand. Cet intervalle est rempli par d'autres lames de bois mobiles que l'on appelle *les registres*. Les registres doivent remplir exactement l'intervalle des faux registres et joindre parfaitement avec la table ; de plus, ils doivent avoir la même épaisseur que les faux registres. Sur les registres et les faux registres sont appliquées les *chapes*. Ce sont des planches d'environ 2 centimètres et demi d'épaisseur, qui couvrent entièrement chaque registre, et débordent de chaque côté de façon à recouvrir la moitié de la largeur des faux registres placés de part et d'autre. Les chapes sont fixées sur les faux registres au moyen de vis dont la tête repose sur une rondelle de cuir ou de métal. Les chapes sont donc en nombre égal à celui des registres et sont placées bord à bord.

La table, le registre et la chape présentent des trous qui se correspondent exactement ; et ce sont les trous percés dans la chape qui laissent échapper le vent dans les tuyaux. Les registres, étant d'ailleurs mobiles entre certaines limites, servent à établir ou intercepcepter la communication entre la gravure et le tuyau.

Les trous des chapes sont fraisés extérieurement à l'aide d'un fer rouge et présentent ainsi un bord en pente sur lequel appuient les pieds des tuyaux ; ceux-ci sont soutenus au moyen d'une planche percée, que l'on appelle le *faux sommier*. Cette planche est portée par un certain nombre de piliers fixés dans le sommier, et dont la hauteur est d'environ 25 centimètres.

Les tuyaux qui composent un même jeu sont pris au-dessus du même registre. Pour faciliter le placement de ces tuyaux, les trous percés dans la même chape, au lieu d'être sur une même ligne droite, sont disposés sur deux rangées parallèles et les intervalles de l'une des rangées correspondent aux trous de l'autre.

Pour les jeux composés la disposition est un peu différente. Les tuyaux qui correspondent à une même note sont placés sur une même série de trous percés sur une même ligne perpendiculaire à la longueur de la chape. Ces trous ne pénètrent qu'à la moitié de la profondeur et sont reliés par un conduit horizontal foré dans l'épaisseur de la chape à un seul et unique conduit vertical qui vient aboutir au trou du registre.

Nous ne nous sommes occupé jusqu'à présent que de la partie supérieure du sommier ; passons à la partie inférieure. Pour maintenir l'écartement des barres on introduit entre elles de petits tasseaux courts en bois de fil qui sont collés et entaillés dans les barres. On leur donne le nom de *flipots*. Ces flipots sont disposés sur deux rangées au quart environ de la longueur des gravures ; ils ne pénètrent qu'à une petite profondeur dans celle-ci, afin de ne pas gêner la circulation du vent ; on a soin, après les avoir collés, de dresser parfaitement le dessous du sommier. Les gravures, depuis la première rangée de flipots jusqu'à l'extrémité opposée, sont fermées au moyen d'une peau ou d'un parchemin. Ce parchemin se prolonge jusqu'à la partie antérieure du sommier, seulement il est ouvert vis à-vis des gravures dans l'intervalle compris entre la première rangée de flipots et le commencement de la gravure : on voit donc par là que chaque gravure présente à son entrée une ouverture rectangulaire. Sur chacune de ces ouvertures appuie une soupape qui peut la fermer hermétiquement. Cette soupape est formée d'une tringle triangulaire en bois de fil aussi sec que possible, chêne ou sapin. La face de la soupape qui appuie sur l'orifice de la gravure doit déborder tout autour d'environ un centimètre ; elle est garnie d'une bande de peau dont la partie lisse est collée sur le bois. Cette bande de peau se prolonge au delà de la soupape et est collée sur les flipots ; elle forme donc ainsi une sorte de charnière autour de laquelle la soupape peut pivoter. Toutes ces soupapes sont renfermées dans une boîte rectangulaire ajustée sur la partie antérieure du sommier. Lorsque le sommier est en place, cette boîte forme à la base du sommier un réservoir dont la face supérieure est formée par la partie antérieure de la grille du sommier, garnie de ses soupapes. On donne à cette boîte le nom de *laye*. Le panneau antérieur de la laye peut s'enlever pour visiter et réparer les soupapes.

La laye communique avec la soufflerie par un ou plusieurs porte-vent. Pour maintenir les soupapes fermées, on place sous chaque soupape un ressort en forme de pincette dont un des bouts légèrement recourbé pénètre à une faible profondeur dans la face inférieure de la laye, et dont l'autre bout pénètre de même dans l'arête inférieure de la soupape ; de plus, pour que la soupape dans ses mouvements ne puisse être déviée latéralement, on enfonce de part et d'autre, à peu de distance de son extrémité libre, deux pointes entre lesquelles elle peut monter et descendre librement ; ces pointes sont ce qu'on appelle les guides de la soupape.

Le mouvement des soupapes s'effectue au moyen de tiges accrochées aux soupapes elles-mêmes et qui traversent la face inférieure de la laye. Ces tiges sont mises en mouvement par les touches du clavier à l'aide d'un mécanisme particulier que nous décrirons bientôt.

Pour éviter que le vent ne puisse passer entre les tiges qui tirent les soupapes et la paroi de la laye, on adapte à chacune de ces tiges ce qu'on appelle une boursette.

La boursette n'est autre chose qu'un petit sac de peau sans couture dont le bord est collé sur le panneau inférieur de la laye. Ce petit sac est traversé par un fil de laiton qui est passé à travers deux morceaux d'osier, l'un placé au-dessus de la boursette, l'autre au-dessous ; ces deux morceaux d'osier sont fixés sur les deux faces de la boursette au moyen d'un peu de colle. Le fil de laiton est recourbé en anneau à ses deux bouts et arrêté ainsi contre l'osier. Des deux morceaux d'osier, celui qui est à l'intérieur de la laye est très-court ; l'autre, au contraire, est assez long pour traverser dans toute son épaisseur le panneau inférieur de la laye, et le trou à travers lequel il passe est d'ailleurs assez large pour qu'il puisse y jouer sans frottement. Les deux anneaux de fil de laiton sont attachés, l'un à la soupape au moyen d'un crochet en laiton, l'autre à la tige qui doit tirer la soupape.

Fonctionnement du sommier. — La description du sommier étant terminée, il est facile de se rendre compte de la manière dont il fonctionne. Supposons d'abord tous les registres fermés : si l'on vient à faire ouvrir les soupapes en promenant les mains sur le clavier, le vent se précipitera dans les gravures ; mais comme il n'a aucune issue, il ne fera parler aucun tuyau. Tirons maintenant un des registres de façon à établir la communication entre tous les tuyaux d'un même

jeu et les gravures correspondantes; dès que nous abaisserons une touche du clavier, la soupape correspondante s'ouvrira, et l'air, se précipitant dans la gravure, fera parler le tuyau qui correspond à la fois au jeu dont le registre est tiré et à la gravure dont la soupape est ouverte. Si plusieurs jeux ont leurs registres ouverts, les tuyaux de ces divers jeux qui sont situés sur la même gravure parleront à la fois dès qu'on abaissera la touche correspondante.

Tuyaux postés. — Les tuyaux les plus graves des divers jeux ont trop de diamètre pour qu'il soit possible de les poser sur les trous correspondants du sommier; ils auraient d'ailleurs l'inconvénient de le charger trop fortement et de le faire fléchir. On est donc obligé de les placer à distance sur un support spécial, et on les fait communiquer avec le trou correspondant par un conduit en alliage d'étain et de plomb d'une longueur plus ou moins grande. On dit alors que ces tuyaux, au lieu d'être sur leur vent, sont *postés*. Les pièces sur lesquelles on les pose sont des blocs de bois forés de trous qui contiennent le conduit destiné à joindre le tuyau au sommier; on donne à ces pièces le nom de *pièces gravées*.

Division des sommiers. — Dans les orgues de petite dimension, il n'y a ordinairement qu'un seul sommier; mais dans les grandes orgues, surtout dans celles qui renferment des jeux très-graves, il est nécessaire de donner aux gravures des basses une grande largeur; cette nécessité obligerait à donner au sommier une très-grande longueur. On préfère alors le diviser en plusieurs parties dans le sens de sa longueur. Ces sommiers sont donc placés sur le même alignement, et on laisse entre eux des passages qui permettent de visiter l'orgue et de le réparer au besoin.

On peut aussi profiter de cette disposition pour alimenter le sommier des basses et celui des dessus avec du vent à des pressions différentes; du reste, le même résultat peut être obtenu dans un sommier unique au moyen de cloisons transversales qui divisent la laye en plusieurs parties.

Altérations. — Dans les anciens sommiers, les gravures étaient longues et étroites; il en résultait que la pression de l'air à la sortie du sommier diminuait notablement à mesure que le nombre de registres ouverts était plus considérable; cet inconvénient se manifestait par une altération dans l'accord. M. Cavaillé a obvié à cet inconvénient en mettant une seconde rangée de soupapes et une seconde laye à la partie postérieure du sommier et en coupant les gravures en leur milieu par une cloison perpendiculaire à leur longueur. D'anciens sommiers ont pu ainsi être utilisés avec succès.

Cette disposition a encore un autre avantage. Supposons, en effet, que les deux layes occupent toute la largeur du sommier, de façon à ne former en quelque sorte qu'une même caisse placée sous toute l'étendue du sommier et divisée en deux parties par une cloison longitudinale. Supposons d'ailleurs que chacune des soupapes de la rangée antérieure soit reliée à la soupape correspondante de la rangée postérieure, de façon qu'il soit impossible de faire jouer l'une sans que l'autre fonctionne aussitôt. Si on introduit le vent seulement dans la laye antérieure, on aura beau mettre les mains sur le clavier après avoir tiré les registres de la région postérieure du sommier, les tuyaux des jeux correspondants ne parleront pas; mais si on vient à faire disparaître subitement la cloison qui sépare les deux layes, ou ce qui revient au même, à ouvrir de larges soupapes pratiquées dans cette cloison, les jeux de la partie postérieure du sommier dont les registres sont ouverts résonneront immédiatement, quel qu'en soit le nombre.

La figure 3769 représente la coupe d'un sommier construit d'après ce système. S et S' sont les soupapes antérieures et postérieures, C la cloison qui divise les gravures, et B est la soupape qui permet d'établir la communication entre les deux layes.

Houppements. — Les orgues anciennes ne se prêtent pas à l'exécution de toute espèce de musique. Ainsi quand on tient avec l'une des mains un accord sur le clavier, et qu'avec l'autre main on frappe à plusieurs reprises un autre accord, les chocs brusques produits dans le sommier par l'écoulement intermittent du vent détruisent la continuité du son dans le premier accord et déterminent dans le son une sorte de secousse que l'on pourrait comparer à un aboiement. Cet effet, on ne peut plus désagréable, est désigné sous le nom de *houppement*. Il se présente surtout dans les instruments où les gravures sont longues et étroites, où la soufflerie est jointe aux sommiers par des porte-vent étroits et d'une trop grande longueur.

Pour éviter cet inconvénient, le meilleur moyen est de fermer le dessous des layes avec une toile imperméable ou une feuille de caoutchouc non tendue, portant sur une partie de sa surface une planche contre laquelle appuient des ressorts. On forme ainsi une paroi flexible qui amortit toutes les secousses.

Réservoirs alimentaires. — Il est également utile, pour éviter les altérations et les houppements, de placer sous les sommiers eux-mêmes des réservoires à air dans lesquels les sommiers puisent le vent qu'ils doivent consommer. On peut ainsi, en distribuant dans toute l'étendue de l'orgue des réservoirs alimentaires, diminuer le nombre d'hommes nécessaires à la manœuvre de la soufflerie. Car la mission du souffleur se réduit alors à empêcher que l'organiste manque de vent, et en ayant soin de remplir à l'avance tous les réservoirs alimentaires, le souffleur ne se trouve pas en défaut, même lorsque, par suite de l'emploi de certains effets de grande force, qui ne durent jamais longtemps, l'organiste dépense dans l'unité de temps plus de vent que n'en fournit le travail du souffleur, car l'air emmagasiné dans la soufflerie suffit à cet excès temporaire de dépense.

MÉCANISME.

Clavier. — Les claviers d'orgue ne diffèrent pas par leur apparence extérieure des claviers de piano, seulement ils sont moins étendus, et dans les orgues d'église on ne leur donne habituellement que 54 notes; ils commencent à l'*ut* et finissent au *fa* de la cinquième octave. Le nombre de ces claviers s'élève à cinq au plus dans les instruments les plus considérables. Ils sont disposés les uns au-dessus des autres en forme d'escalier, de façon que les touches de même nom se correspondent.

Dans les anciennes orgues, les touches étaient attachées vers le milieu de leur longueur à des vergettes en bois qui tiraient les soupapes, l'extrémité postérieure de la touche servait de pivot, de sorte qu'en pesant sur l'extrémité antérieure, on abaissait les soupapes; ces claviers prenaient le nom de claviers suspendus; on y a renoncé.

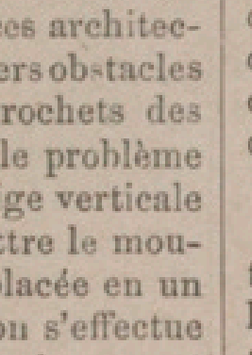
Tous les claviers dont on se sert aujourd'hui sont comme les claviers de piano, c'est-à-dire à bascule; les touches reposent par ces points intermédiaires sur un chevalet autour duquel elles peuvent basculer, de façon à prendre un certain degré d'enfoncement. Le point autour duquel la touche pivote n'est pas situé tout à fait à la moitié de sa longueur, la partie antérieure est ordinairement un peu plus longue.

Transmission du mouvement du clavier aux sommiers.

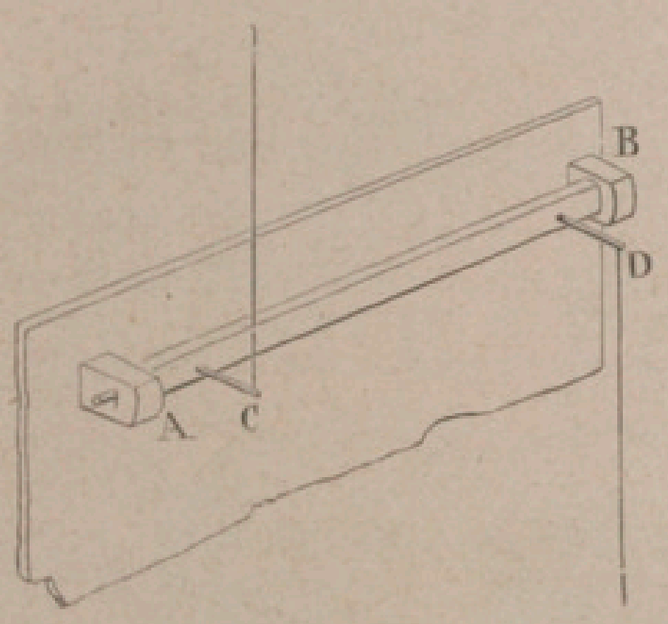
La transmission du mouvement de chaque touche à la soupape correspondante ne peut pas s'effectuer par un lien direct; en effet, la largeur des sommiers est beaucoup plus grande que celle des claviers, secondement

les notes ne sont point distribuées sur les sommiers dans le même ordre que sur le clavier. Afin de donner aux tuyaux de l'orgue une disposition symétrique, on les place successivement d'après leur numéro d'ordre, à droite et à gauche de la ligne médiane de l'orgue, en mettant les plus courts au centre et les plus longs sur les côtés. En troisième lieu, la disposition de la charpente de l'orgue, variable avec les exigences architectoniques du buffet, oblige à contourner divers obstacles pour relier les touches du clavier aux crochets des soupapes. On est donc réduit à résoudre le problème de mécanique suivant : étant donnée une tige verticale à placer en un point quelconque, transmettre le mouvement de cette tige à une autre tige *b* placée en un autre point quelconque, cette transmission s'effectue à l'aide de deux mécanismes très-simples, les *équerres* et les *rouleaux d'abrégés*. Le mécanisme des équerres est des plus simples; c'est celui qui est employé dans les appartements sous le nom de renvoi de sonnette ; il est représenté fig. 3765. Il permet de convertir un mouvement de traction vertical en mouvement horizontal, et réciproquement.

Le mécanisme des abrégés a pour effet de transporter la ligne de traction parallèlement à elle-même et à une certaine distance; il est représenté en perspective (fig 3766) ; il se compose d'un rouleau cylindrique AB portant deux palettes parallèles C et D implantées sur une même arête ; chacune de ces palettes est en relation avec une tringle, de sorte que le mouvement de traction exercé sur la première palette est reproduit identiquement par l'autre comme si la traction s'exerçait directement sur elle, pourvu que le rouleau ne subisse pas de torsion.



3765.



3766.

Les abrégés peuvent être employés à transmettre le mouvement dans le sens vertical ou même dans le sens horizontal. Les palettes d'abrégés et les équerres sont reliées entre elles et au clavier par de minces lames de sapin de fil terminées par des crochets en laiton ; on donne à ces lames le nom de vergettes.

Dans certaines orgues les claviers sont disposés en avant de l'orgue sur un meuble en forme de console, et l'organiste tourne le dos à l'instrument. Dans ce cas la transmission du mouvement se fait de la manière suivante : quand on abaisse la touche, l'extrémité opposée au doigt se soulève, et tire une vergette verticale. Celle-ci, au moyen d'une équerre, tire une vergette horizontale située sous le plancher. Cette deuxième vergette agit sur une équerre qui tire de haut en bas une troisième vergette attachée à une palette d'abrégé. Celle-ci fait tourner le rouleau correspondant et transmet le mouvement à la deuxième palette placée sur la même verticale que la soupape.

Quand le clavier est tourné en sens contraire et appliqué contre l'orgue, les vergettes ne peuvent agir que par la traction ; il faut nécessairement convertir le mouvement d'ascension de l'extrémité de la touche en mouvement inverse à l'aide d'un levier intermédiaire ; on y parvient en plaçant ce levier au-dessus du clavier et reliant l'extrémité de la touche à celle du clavier par une tige intermédiaire tout à fait inflexible que l'on appelle un pilote.

Cette disposition est représentée dans la fig. 3769.

Nous ferons remarquer que dans ce système de transmission on s'arrange toujours de façon à ce que la longueur totale de l'ensemble des vergettes qui rattachent une touche à la soupape correspondante soit la même pour toutes les touches d'un même clavier, malgré la différence de parcours. C'est grâce à l'emploi des abrégés que l'on peut résoudre ce problème. Si cette condition n'était pas satisfaite, les changements de longueur qui se manifestent dans les transmissions par suite de changements dans la température et l'humidité de l'air auraient une action inégale sur les diverses touches du clavier et il en résulterait, dans les diverses parties du clavier, des inégalités de niveau qui gêneraient singulièrement l'organiste dans son exécution.

Mécanisme des registres. — La nécessité de varier les effets de l'orgue, autant que le permettent les ressources de l'instrument, oblige les organistes à avoir sous la main le moyen de tirer ou repousser à volonté les différents registres de l'orgue, de façon à utiliser les différents jeux ou les réduire au silence suivant les besoins de l'exécution. Ce résultat s'obtient de la manière suivante :

A proximité du clavier sont placées des tiges horizontales terminées par des boutons portant l'indication des jeux correspondants ; ces tiges prennent le nom de tirants ; chacune d'elles agit par traction directe sur une palette fixée perpendiculairement à une tige verticale tournante qu'on appelle pilote tournant. Ce pilote joue exactement le même rôle que le rouleau d'abrégé ; il porte une deuxième palette qui met en mouvement une tringle, et celle-ci, par l'intermédiaire d'équerres, de tringles, et d'autres pilotes tournants, agit sur le registre.

Ce mécanisme rappelle celui qui transmet le mouvement de la touche à la soupape ; seulement, au lieu d'exercer son action dans une direction verticale, il agit dans le sens horizontal. De plus, il doit fonctionner dans les deux sens, c'est-à-dire par traction et par pression. Aussi emploie-t-il, au lieu de vergettes, des tringles rigides ; il est construit assez solidement pour résister aux mouvements brusques qu'il doit subir. Enfin les leviers qui le constituent doivent être calculés de façon à rendre la course du bouton de registre beaucoup plus étendue que celle du registre lui-même, afin de diminuer la résistance que ce mécanisme offrirait à l'organiste, surtout quand les registres ont été gonflés par l'humidité.

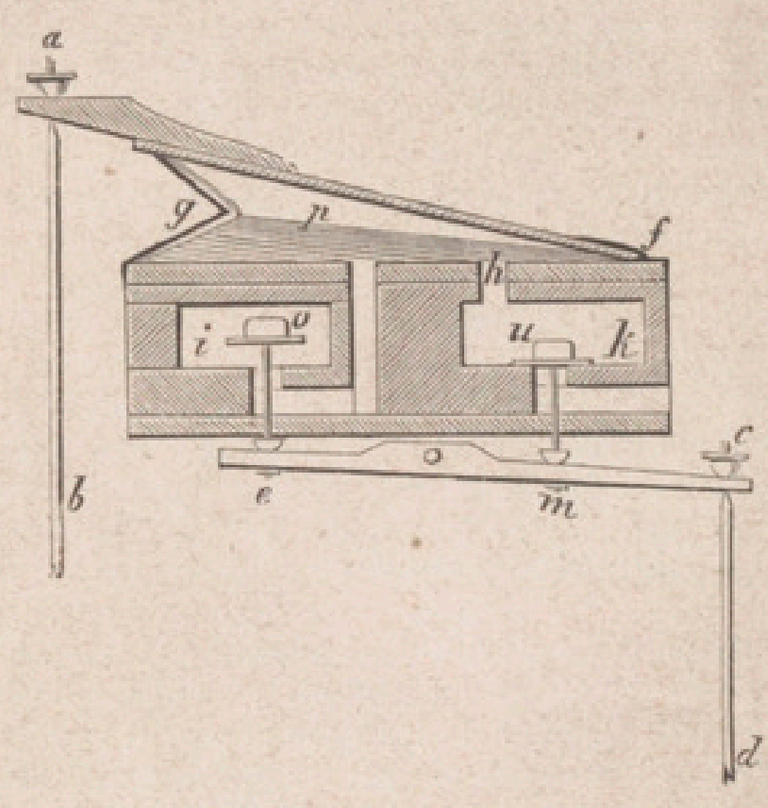
Dans le cas où le clavier est en console, on attache les tirants de registres à des leviers verticaux en fer que l'on désigne sous le nom de *balanciers ;* ces leviers transmettent l'action des tirants à des tringles horizontales placées sur le plancher, et celles-ci agissent à leur tour sur le reste du mécanisme placé dans l'orgue.

Machine Barker. — Les claviers d'orgue offrent ordinairement au toucher une résistance d'autant plus forte que l'instrument a plus d'importance; en effet, l'effort que l'on doit exercer pour enfoncer chaque touche du clavier doit être proportionné à la résistance de la soupape, résistance d'autant plus grande

que la soupape a plus de surface et que l'air contenu dans le sommier est à une plus forte pression. L'effort à exercer croît encore lorsqu'on vient à réunir les claviers au moyen du mécanisme connu sous le nom d'accouplement, et dont l'effet est de mettre tous les claviers dans la dépendance d'un seul, de manière qu'en en touchant un, on les fasse fonctionner tous à la fois.

Indépendamment de l'incommodité résultant de la dureté des claviers, cet inconvénient a pour effet de limiter la puissance de l'orgue.

Aujourd'hui cette difficulté n'existe plus grâce à un mécanisme ingénieux dû à M. Barker, et dont l'application a été faite pour la première fois par M. Cavaillé-Coll dans le grand orgue de Saint-Denis. Ce mécanisme est représenté dans la fig. 3767 avec la disposition adopée par M. Cavaillé pour l'orgue de l'église Saint-Vincent de Paul à Paris. *i* et *k* sont deux layes communiquant au moyen de deux conduits *p* et *h* avec un petit



3767.

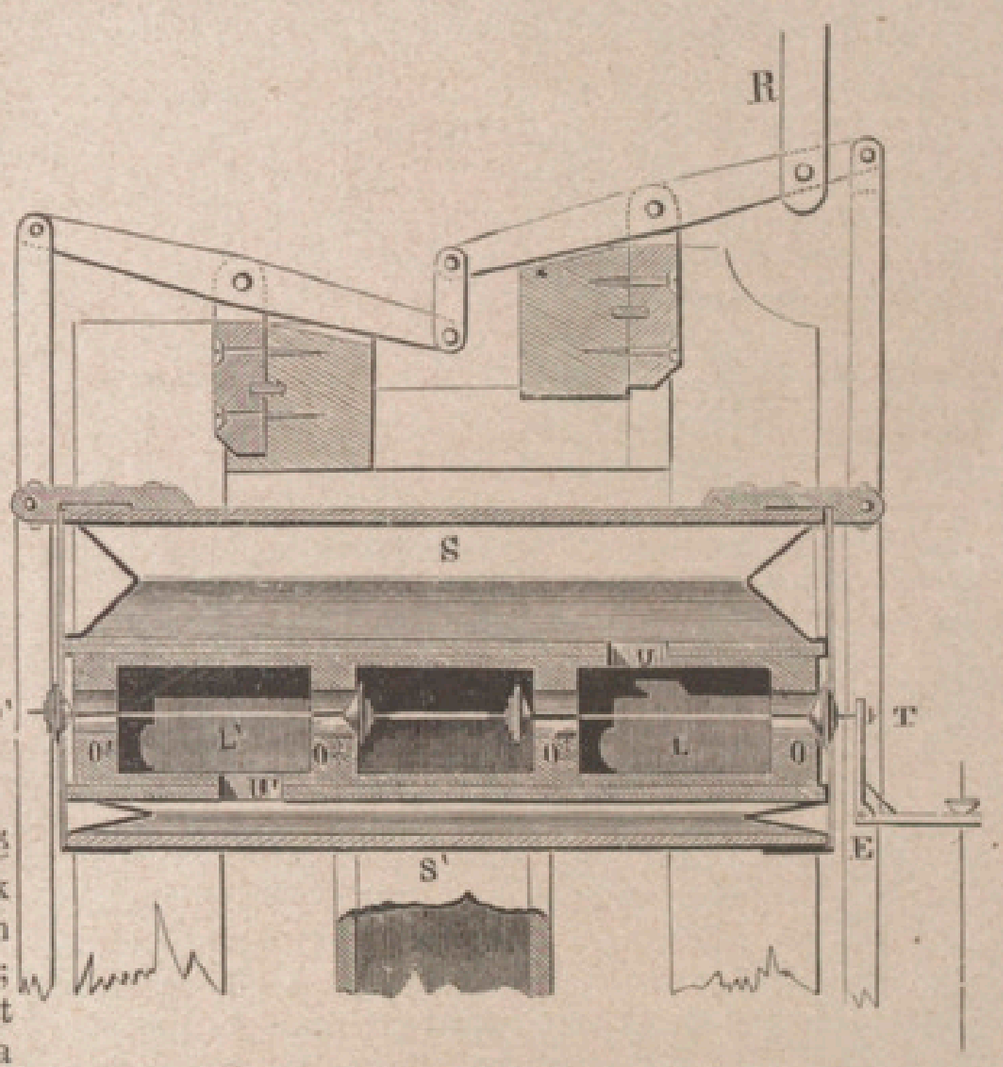
soufflet *gf*; au-dessous de cette double laye est placé un levier *lmc*, auquel sont attachées en *l* et *m* deux soupapes *o* et *u*. L'une d'elles sert à fermer au besoin l'orifice par lequel le conduit *p* débouche dans la laye *i*; l'autre sert à fermer un conduit de décharge *e*, qui met la laye *k* en communication avec l'air intérieur. La laye *i* est en communication permanente avec la soufflerie; la tige *cd* est en relation avec une des touches du clavier, la tige *ab* avec une des soupapes du sommier. Dans l'état de repos, l'extrémité *e* du levier est relevée, la soupape *u* est ouverte, la soupape *o* fermée et le soufflet fermé également par son poids et l'action du ressort adapté à la soupape du sommier.

Dès qu'on abaisse la touche du clavier qui tire la tige *cd*, la soupape *u* se ferme, la soupape *o* s'ouvre, l'air pénètre dans le soufflet, le gonfle instantanément, et la table supérieure *fa* du soufflet tire, en se relevant, la tige *ab*. On n'a donc à vaincre, pour mettre en jeu ce mécanisme, que la pression exercée par l'air de la soufflerie sur la petite soupape *o*, et dès que celle-ci est ouverte, l'effort transmis à la soupape du sommier est donné par la pression que l'air comprimé exerce sur la surface du soufflet, c'est-à-dire qu'à l'aide d'une très-faible résistance vaincue on met en jeu un mécanisme dont la pression n'est limitée que par l'étendue du soufflet *af* et la puissance de la soufflerie alimentaire. Dès qu'on vient à abandonner la touche les soupapes reviennent à leur position primitive sous l'action d'un ressort adapté au levier *lc*; l'air comprimé du soufflet s'échappe par le canal de décharge *e* et le soufflet retombe. Chaque touche du clavier fait fonctionner un appareil semblable au précédent.

Pour diminuer autant que possible l'espace occupé par ce mécanisme on divise les 54 soufflets en un certain nombre de rangées, six, par exemple, que l'on place les unes au-dessus des autres; seulement on a soin de disposer les soufflets qui forment les diverses rangées de façon que les tiges telles que *cd* et *ab* soient groupées à côté les unes des autres dans une étendue qui ne dépasse pas la largeur du clavier.

Le mécanisme Barker a, comme on le voit, pour résultat final d'emprunter à la soufflerie le travail mécanique nécessaire pour faire fonctionner les soupapes de sommiers, et l'organiste ne doit plus fournir que la force nécessaire pour mettre en jeu la détente du moteur. De cette manière on reporte sur le souffleur, dont la fonction est essentiellement automatique et inintelligente, une partie notable du travail mécanique qui incombait autrefois à l'artiste.

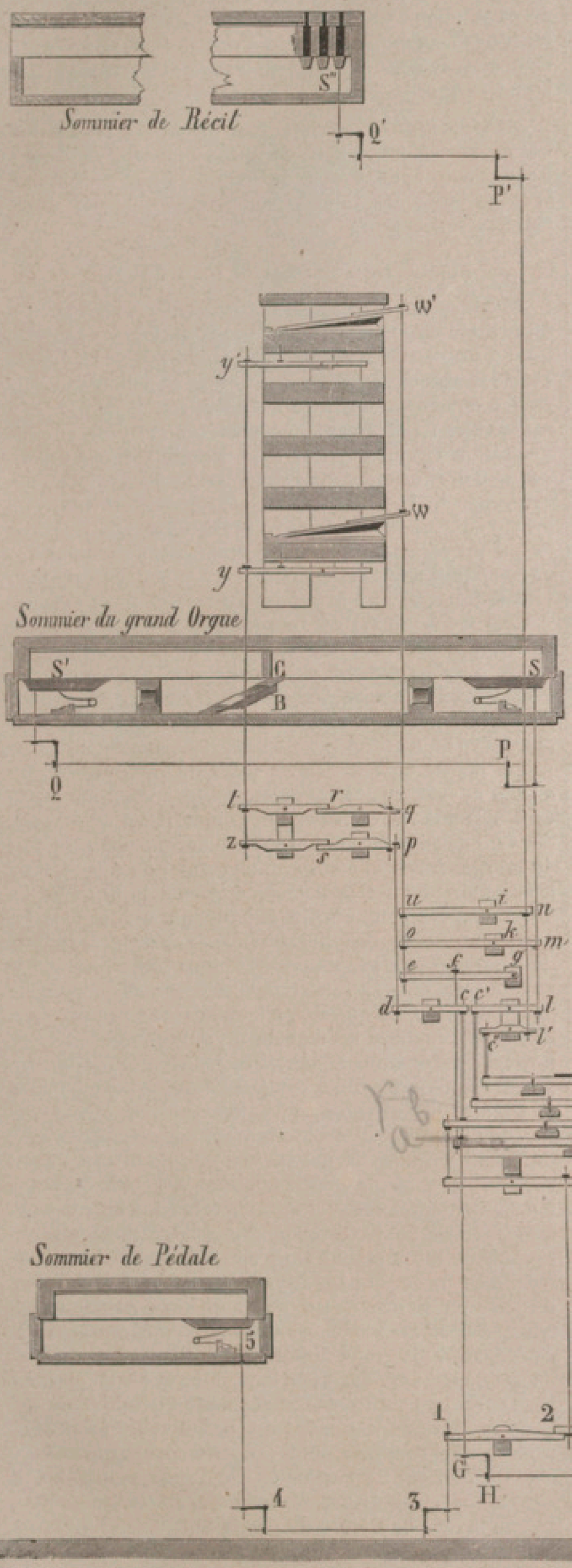
Moteur pneumatique. Dans la restauration complète de l'orgue de Saint-Sulpice qui s'achève en ce moment, M. Cavaillé-Coll a voulu encore soulager l'organiste



3768.

de la majeure partie du travail mécanique qui était absorbé dans le mouvement des registres (fig. 3768). A cet effet, il a appliqué à leur manœuvre des moteurs à air comprimé analogues à la machine Barker. Ces moteurs en diffèrent cependant en ce qu'ils doivent fonctionner dans un sens ou dans l'autre; la fig. 3768 en représente la disposition. S et S' sont deux soufflets reliés par des tringles verticales. Leurs mouvements sont solidaires et l'un des deux s'ouvre quand l'autre se ferme, et réciproquement. Entre ces deux soufflets sont deux layes L et L', traversées dans le sens horizontal par une même tringle T T' portant quatre soupapes. Chaque laye présente une ouverture, o, o', qui correspond avec l'air extérieur; et une ouverture, U, U', communiquant avec un porte-vent. Quand la tige TT' est poussée de T' vers T, l'air pénètre dans la laye L' et par l'ouverture U' dans le soufflet S' et le soulève; le soufflet S communique avec l'air extérieur par l'ouverture U', la laye L et l'ouverture O. Si on vient à faire passer la tige de la position extérieure vers T à la position antérieure vers T', les ouvertures O et O''' se ferment, les ouvertures O' et O'' s'ouvrent, l'air échappe du

soufflet S' et pénètre dans le soufflet S; le système des deux soufflets s'élève immédiatement. Ce mouvement



de bas en haut ou de haut en bas se communique à la tringle R, qui sert à tirer ou pousser le registre.

On voit donc que pour manœuvrer cet appareil il

suffit d'agir sur l'équerre E au moyen d'un système de renvoi de mouvement commandé par le bouton de registre. Il est évident que l'effort nécessaire est infiniment plus faible que celui qu'on devrait exercer pour tirer directement le registre.

Outre l'avantage qu'il a de rendre la manœuvre des registres plus facile, ce mécanisme permet de concentrer dans un espace très-peu étendu tous les boutons de registres, d'en diminuer considérablement la course, et enfin de remplacer le système de transmission du bouton de registre au registre lui-même par un système de vergettes, d'équerres et d'abrégés analogue à celui qui est mis en jeu par les touches du clavier. Cette amélioration est d'une utilité évidente dans les orgues d'un grand nombre de jeux dont le clavier est en console, car il permet de réduire considérablement les dimensions transversales du mécanisme qui doit passer sous le plancher de l'orgue et par suite les boutons de registres peuvent être concentrés à proximité de l'organiste.

Ce mécanisme a un autre avantage : comme il ne fonctionne que par l'action du vent, on peut tirer à l'avance les boutons des registres correspondant aux jeux dont on a besoin, et rentrer ceux qui correspondent aux jeux que l'on veut supprimer ; et si le porte-vent qui amène l'air aux moteurs pneumatiques est fermé, les registres ne fonctionnent pas; mais aussitôt qu'on vient à lancer le vent dans les moteurs en ouvrant la soupape qui ferme le porte-vent, les moteurs fonctionnent, et les registres, en se déplaçant, produisent instantanément les changements de jeux que l'on désire.

Description générale du mécanisme des orgues d'église.

Pour mieux faire comprendre l'emploi de ces divers mécanismes et d'autres mécanismes auxiliaires, nous allons les montrer fonctionnant dans un orgue de grande dimension, l'orgue de la cathédrale de Saint-Brieuc, construit par M. Cavaillé-Coll. Dans cet orgue, les jeux sont répartis sur quatre sommiers : le sommier de récit, situé à la partie supérieure de l'orgue, le sommier du grand orgue, situé dans la partie intermédiaire; le sommier de pédales, placé à la partie postérieure et inférieure de l'orgue, et le sommier de positif placé à la partie antérieure. Chacun de ces sommiers est mis en jeu par un clavier spécial (fig. 3769).

α ε γ δ sont les quatre claviers, A le clavier de pédales, α est le clavier du positif, γ le clavier du grand orgue, δ le clavier du récit, ε est un clavier intermédiaire à l'aide duquel on peut jouer tous les autres claviers isolément ou ensemble. Examinons d'abord le jeu des claviers isolés : lorsqu'on abaisse la touche α, son extrémité opposée se relève, soulève la tige G, agit sur l'équerre GH, et sur la tige UV, et ouvre la soupape K appartenant au sommier du positif. Lorsqu'on abaisse la touche γ, son extrémité opposée pousse un pilote qui agit sur le point c', fait basculer le levier c' l, abaisse le point l, et tire à l'aide de la

vergette *ls* la soupape *s* placée dans le sommier du grand orgue; la même vergette, par l'intermédiaire des deux équerres et de la vergette horizontale PQ tire la soupape S' placée dans la deuxième laye du grand orgue. La touche *δ* appartenant au clavier du récit agit par son extrémité sur un pilote qui fait basculer le levier *c''l'* qui tire sur la vergette attachée à l'équerre P', laquelle, par l'intermédiaire de la deuxième équerre Q' tire la soupape S'' appartenant au récit.

Le clavier de pédales A agit sur le levier 1 2, sur les équerres 3 et 4 et de là sur la soupape 5 placée dans le sommier de pédale.

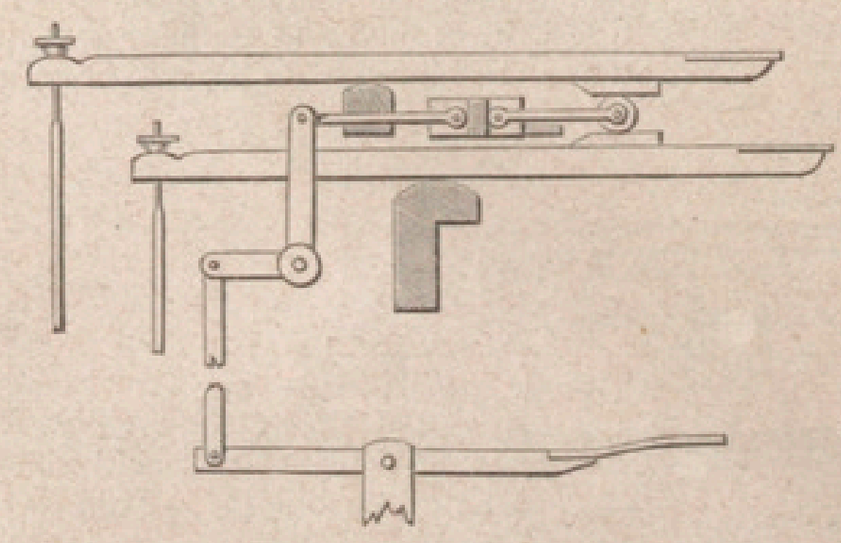
Le clavier 6 agit sur le moteur Barker par la tringle verticale *c*, le levier CD, la tringle *pd*, les leviers *ps* et *sr* et la tringle *xy*; dès que la touche 6 est abaissée l'air entre dans le soufflet *w* qui tire la tringle verticale *we*. Cette tringle traverse trois leviers *un*, *om*, *eg*; elle porte trois écrous placés au-dessous de chacun des leviers; dès que la tringle est tirée de bas en haut, elle agit donc sur chacun de ces leviers, et chacun d'eux, par son extrémité opposée, fait mouvoir la tige qui transmet l'action d'un des claviers au sommier correspondant. Ainsi l'extrémité *n* du levier *un* tire la soupape du récit, l'extrémité *m* du levier *om* tire la soupape du grand orgue, et dans le levier *gf* le point *f* en s'inclinant tire la touche *α* et par suite la tringle G qui agit sur le sommier du positif. Pour que chacun de ces leviers fonctionne il faut, de toute nécessité, qu'il y ait contact entre le levier et l'écrou correspondant. On peut donc empêcher chaque levier d'avoir son action en soulevant les pièces I et K qui portent le centre de rotation des deux premiers leviers, et en abaissant la pièce *g* qui porte celui du troisième. Tel est en effet l'état habituel de ces leviers. Dans cette situation les écrous peuvent jouer au-dessous des extrémités *u* et *o* des leviers sans les toucher.

Quant à l'écrou *e*, il fait jouer le levier *efg*; mais le centre *g* du levier étant abaissé, la tige *f* tombe librement à travers l'extrémité de la touche *α*, et l'écrou qui termine cette tige manœuvre au-dessous de la touche sans la faire mouvoir.

Chacune des pièces *ikg* peut être mise en mouvement au moyen d'une pédale spéciale, qui accouple ainsi chacun des claviers avec le clavier intermédiaire 6.

Nous n'avons décrit que le mécanisme correspondant à l'une des touches de chaque clavier; mais il est bien évident que ce même mécanisme se reproduit pour chaque touche et qu'il y a, par exemple, au lieu d'un seul levier en *un*, 54 leviers placés côte à côte et tournant autour d'un même axe soutenu par une même tringle horizontale dont *i* représente la section.

Accouplement d'octaves. — Le système de levier *qrt* est destiné à produire l'accouplement d'octaves, c'est-à-dire à mettre chaque touche du clavier 6 en relation



3770.

avec l'octave grave de cette même touche. En effet, le levier *rq*, quoiqu'il paraisse dans le plan de la figure, est disposé obliquement dans un plan horizontal; l'extrémité *r* correspondant à une certaine touche, l'extrémité *q* atteint la tige qui est commandée par l'octave de cette même touche. L'axe de rotation des leviers tels que *rq* est mobile à l'aide d'une pédale, et on peut, en abaissant cette pédale, déplacer ce centre de façon à mettre tous les leviers en prise.

Accouplement de claviers dans les petites orgues. — Cet accouplement se fait, comme le montre la figure 3770 ci-jointe, au moyen de galets qu'une pédale fait engager entre les touches correspondantes des deux claviers superposés.

DISPOSITION GÉNÉRALE DE L'ORGUE.

Buffet. — L'orgue est ordinairement renfermé dans un meuble en menuiserie qui prend parfois les proportions d'un véritable édifice, et qu'on appelle le *buffet*. Dans les orgues de petites dimensions le buffet est une simple enveloppe destinée à protéger et cacher le mécanisme de l'instrument sous un vêtement dont l'ornementation est en rapport avec l'architecture du lieu auquel l'orgue est destiné. Dans les grandes orgues, au contraire, le buffet prend un aspect monumental, et les tuyaux mêlés aux bois sculptés donnent à la décoration un caractère à la fois grandiose et harmonieux qui convient à un instrument dont la sonorité majestueuse doit ajouter à la pompe des cérémonies du culte.

Seulement il arrive fréquemment que les architectes, préoccupés avant tout de l'effet artistique du buffet, ne s'astreignent pas aux conditions qui peuvent assurer l'effet acoustique de l'instrument et faciliter l'installation de son mécanisme. Souvent le buffet est placé trop haut et l'orgue, resserré dans une chambre de prière placée au-dessus du porche de l'église, n'a pas autour de lui l'espace nécessaire pour laisser échapper sans obstacle les ondes sonores dont il est le centre. Souvent aussi la face antérieure de l'orgue obstruée par de lourdes frises, d'épais entablements, ou des statues accumulées devant la façade, empêche la libre sortie des sons. Souvent encore les tuyaux qui ornent la partie antérieure du buffet, ou *tuyaux de montre*, au lieu de présenter une grande variété dans leurs longueurs et leurs diamètres, sont tous d'une dimension à peu près uniforme, ce qui oblige à en laisser en pure perte un certain nombre à l'état de tuyaux muets, ou bien à détruire l'égalité de certains jeux en introduisant parmi les tuyaux qui les composent un certain nombre de tuyaux de mauvaise proportion.

Voici quelle est ordinairement la disposition du buffet des grandes orgues et comment les diverses parties du mécanisme sont installées à l'intérieur. La façade du buffet est divisée généralement en un certain nombre de parties appelées plates faces où les tuyaux de montre sont simplement juxtaposés; entre les plates faces sont les tunelles composées de tuyaux disposés en faisceaux sur une base semi-circulaire ou triangulaire. Le buffet est ordinairement composé de deux parties: le grand buffet, qui contient les sommiers du grand orgue, du récit de la pédale; et un buffet plus petit suspendu sur un encorbellement en avant de la tribune de l'orgue. Ce buffet est le buffet de positif; il renferme un sommier dont les jeux correspondent au clavier inférieur de l'orgue ou clavier de positif. Dans les orgues ainsi disposées, les claviers sont appliqués contre la face inférieure du grand buffet, et l'organiste pour les toucher est obligé de tourner le dos à l'autel. Le buffet de positif sert donc à masquer l'organiste.

Dans beaucoup d'orgues modernes le buffet de positif est supprimé; les jeux correspondants sont répartis à l'extérieur de l'orgue; ce clavier est alors placé sur une console et l'organiste fait face à l'autel. Quelquefois aussi le clavier est placé sur l'un des côtés de l'orgue.

Les sommiers sont répartis dans le buffet du grand orgue à diverses hauteurs; au centre sont les sommiers du grand orgue; à droite et à gauche les sommiers de pédales; au-dessus et dans la partie centrale de l'orgue les sommiers du récit. Ce dernier est enfermé dans une boîte en bois présentant à sa partie antérieure une jalousie à lames mobiles, qui peut s'ouvrir ou se fermer à l'aide d'une pédale placée à la disposition de l'organiste. Lorsque la jalousie est fermée, le son des jeux du récit est considérablement affaibli, et son intensité augmente à mesure que la jalousie est plus largement ouverte; c'est ce qui permet de produire dans les orgues modernes des effets de crescendo et de decrescendo qui constituent l'expression. LISSAJOUS.

ORPIMENT. L'orpiment, ou sesquisulfure d'arsenic, est jaune. Sa densité est de 3,45. Il se rencontre dans la nature, tantôt en masses composées de lames demi-transparentes et flexibles, tantôt en cristaux prismatiques. Lorsque sa texture est lamelleuse, la surface des lames offre des reflets d'un beau jaune-doré. Tel est l'orpiment qu'on trouve en Perse. Plus souvent on le rencontre en masses amorphes. Tel est l'orpiment de la Chine. Dans tous les cas, il est mêlé d'un peu de réalgar (sulfure d'arsenic), qui lui donne un ton vif que ne possède pas le sulfure artificiel.

Les marchands de couleurs tirent l'orpiment de la Perse ou de la Chine. Ils le désignent sous le nom d'*orpin doré;* ils préfèrent celui de la Perse à l'autre. L'orpiment se rencontre aussi en Hongrie, en Transylvanie et dans une grande partie de l'Orient, où il est très-employé comme dépilatoire.

ORSEILLE. On donne le nom d'*orseille* à une matière colorante obtenue par l'action simultanée de l'air, de l'humidité et de l'ammoniaque, sur plusieurs variétés de lichens : le nom d'orseille est du reste donné aussi aux lichens qui servent à la préparation de la matière colorante. La couleur de l'orseille est généralement violette, susceptible d'ailleurs d'être modifiée, comme toutes les couleurs végétales, par les acides et les alcalis. Ses teintes vives et éclatantes la font rechercher pour certaines teintures, et son emploi a pris depuis quelques années une assez grande extension. L'avantage que présente cette matière colorante est de fournir à bon marché des couleurs qui flattent l'œil, mais qui malheureusement manquent de solidité; et la cause peut-être (suivant Cocq) qui a donné une certaine importance à sa fabrication en Auvergne et dans le Midi, c'est de procurer aux habitants de ces contrées le moyen de teindre en belle couleur les étoffes grossières dont ils font leurs vêtements journaliers.

Historique. On employait déjà en teinture, du temps des Romains, l'orseille et les lichens, car Pline en fait mention. On croyait alors que la couleur de pourpre provenait des lichens qui lui servent de nourriture.

Après l'extinction de l'empire romain, on perdit en teinture l'usage de l'orseille. Au commencement du quatorzième siècle, un Florentin de race allemande, nommée Federigo, qui avait découvert par hasard dans le Levant ses propriétés tinctoriales, en introduisit l'usage à Florence, et acquit par là une si grande fortune qu'il devint le chef d'une famille puissante qui prit le nom d'Oricellarii (plus tard Rucellarii et Rucellai). Pendant plus d'un siècle, l'Italie produisit exclusivement l'orseille; on la recueillait sur les côtes et les îles de la Méditerranée.

Depuis 1402 on tira en grande partie les lichens à orseille des îles Canaries et plus tard aussi du Cap-Vert. Les orseilles préparées avec ces derniers présentent pour les teinturiers de laine en flottes un avantage, c'est que les brins du lichen s'attachent moins à la laine que les lichens des Canaries, sans pour cela être plus riches en couleur, au contraire, on les trouve moins riches.

Sur les côtes de Suède, d'Écosse, d'Irlande, du pays de Galles, les habitants emploient depuis un temps immémorial le lichen pour teindre en rouge.

La fabrication de l'orseille est restée bien longtemps soumise à un véritable empirisme; c'est en 1812 seulement que M. Cocq, commissaire des poudres et salpêtres à Paris, publia (1) sur la matière un mémoire intéressant, dans lequel il dit n'avoir obtenu qu'avec les plus grandes difficultés des détails sur les manipulations auxquelles sont soumis les lichens, les fabricants d'orseille cachant avec un soin extrême les opérations de leurs ateliers. M. Cocq regarde avec raison cette connaissance imparfaite des procédés suivis, comme la cause immédiate du peu de progrès que la science a fait faire à ce genre de travail. Cette réflexion de M. Cocq ne serait pas, jusqu'à un certain point, déplacée aujourd'hui, car depuis la publication de son mémoire, en 1812 jusqu'en 1829, la théorie de la fabrication ne fit aucun pas. On était encore dans l'ignorance la plus complète sur la nature de la matière colorante, lorsque Robiquet vint soumettre l'étude des lichens à ses savantes investigations (2).

Robiquet isola d'un lichen, ou mieux d'une variolaire (*variolaria dealbata*), un principe immédiat qui se présente sous l'aspect d'une matière blanche, cristalline, soluble dans l'eau, et auquel il donne le nom d'*orcine*. Cette orcine étant imprégnée d'ammoniaque, si on la place sous une cloche remplie d'oxygène, sa couleur devient fauve et ensuite violet foncé, sa dissolution fournissant une très belle teinte rouge violacée. Mais cette orcine ne peut pas être considérée comme un principe colorant, car dans un travail particulier (3) Robiquet reconnut que cette orcine se transformait, sous l'influence de l'ammoniaque, en une substance brune, insoluble dans l'eau, qu'il considère comme le principe colorant de l'orseille, auquel il a donné le nom d'*orcéine*.

Bien que Robiquet indique la présence simultanée de l'air, de l'humidité et de l'ammoniaque, comme nécessaire à la coloration de l'orcine, il pense que l'ammoniaque exerce la plus grande part dans cette transformation; et, suivant lui, ce n'est pas en se combinant avec l'orcine, comme il pourrait le faire avec un acide, qu'agit cet alcali, mais par suite de la fixation de ses éléments, et il fait observer que de tous les alcalis, l'ammoniaque seule exerce cette action sur l'orcine.

M. Schuncke, en évaporant la liqueur de couleur verdâtre provenant de l'action de l'éther sur les lichens conturés, a obtenu, par le refroidissement, de petits cristaux verdâtres M. Schuncke a donné à ce produit le nom de *lécanorine*; elle est insoluble dans l'eau, peu soluble dans l'alcool froid, soluble dans l'éther et l'acide acétique. Sous l'influence des alcalis et de la chaleur, la *lécanorine* se transforme en acide carbonique et en orcine.

Cela posé, disons d'abord quelques mots des lichens employés à la fabrication de l'orseille, et auxquels on donne très souvent, mais improprement, le nom d'orseille.

On distingue dans le commerce plusieurs espèces d'orseille, et notamment celle dite *des îles* et celle connue sous le nom d'*orseille de terre*. La première, qui est la plus estimée et la plus chère, nous vient des Canaries et du Cap-Vert; on en reçoit aussi d'Angola, de Madagascar, des Açores, de Madère, de la Corse et de la Sardaigne. Berthollet rapporte cette espèce au *lichen rocella*, dont les botanistes distinguent plusieurs variétés. La seconde se récolte sur nos montagnes

(1) *Annales de Chimie*, tome LXXXI.
(2) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XLII, 2e série.
(3) *Annales de Chimie et de Physique*, t LVIII, 2e série.

d'Auvergne, des Alpes, des Pyrénées et de la Lozère.

Tous les documents recueillis jusqu'à ce jour semblent démontrer que l'orseille est principalement composée de variolaires, et le nom de *parelle*, que lui donnent en France tous ceux qui s'occupent de sa récolte, a pu induire en erreur et faire attribuer l'orseille au *lichen parella;* mais il n'en est rien, la ressemblance des noms est la cause de la confusion qu'on a pu faire, du moins c'est là l'opinion de Cocq, opinion que Robiquet n'a pas contredite.

Nous pensons qu'il n'est pas inutile d'entrer ici dans quelques détails intéressants donnés par Cocq.

Le lichen qui produit l'orseille se trouve sous les laves volcaniques, où toutes les pierres bouleversées présentent diverses surfaces à tous les aspects, et permettent au lichen de choisir la position qui convient le mieux à son accroissement, tandis que les sels contenus dans les laves contribuent sans doute au développement de ses parties.

Tous les lichens, semblables en apparence, végétant sur la même pierre, confondus sur le même mamelon, ne possèdent pas les mêmes principes colorants, de sorte que l'orseille qu'on vient vendre aux fabricants se trouve composée d'un certain nombre de cryptogames dont on ignore les qualités tinctoriales individuelles, et souvent sans qu'on puisse savoir, par conséquent, quels sont les plus favorables ou les plus nuisibles. On assure même que les ouvriers chargés de cette récolte les mélangent à dessein pour augmenter leur bénéfice, et ils le peuvent impunément, puisque ceux qui les payent ne savent pas précisément quelles sont les espèces auxquelles il doivent accorder la préférence.

Nous pensons que ces diverses considérations, émises tant par Cocq que Robiquet dans leurs mémoires, ont dû éveiller, au moins pour ce qui se passe en France, l'attention des intéressés, qui doivent être probablement plus à même de reconnaître les meilleures qualités des lichens qu'on leur présente.

La *variolaria orcina* a donné à M. Cocq la belle et vive couleur amarante que les teinturiers d'Auvergne en tirent. Ce lichen, constamment et exclusivement nommé *parelle*, reçoit en outre divers surnoms suivant les divers états où on la trouve. Par exemple, on la nomme *varenne* quand elle se rencontre sur le granit; alors elle est plus lisse, moins fendillée, et ses glomérules fructifères sont moins proéminents. Les ouvriers assurent que cette variété fournit une couleur plus vive, mais elle est rare dans ce pays-ci.

On trouve plus communément la parelle sur les laves, et l'on nomme *pucelle* celle qui est recueillie pour la première fois; la parelle *maîtresse* est celle qui a pris tout son accroissement, et qu'on ne récolte qu'après cinq ou six ans de végétation.

Les hommes qui s'occupent de récolter les lichens en France, les râclent sur les rochers au moyen d'un couteau à lame mince d'une forme particulière. Ils préfèrent pour se livrer à ce travail un temps de pluie, parce que le lichen est arraché plus facilement. La quantité qu'ils récoltent peut s'élever à 2 kilogr. par jour. Les fabricants d'orseille à qui ils présentent à acheter le fruit de leur récolte, soumettent un échantillon de ces lichens à un essai pour apprécier leur qualité. Pour cela, ils en mettent un peu dans un verre contenant de l'urine avec une petite addition de chaux.

Lorsque les parelles sont mouillées, ce qui arrive d'autant plus souvent que les récoltes se font plus facilement par un temps de pluie, il est nécessaire de les faire sécher pour les conserver saines et les préserver de la fermentation qui altère singulièrement leurs qualités tinctoriales; pour cela, on les étend dans un grenier bien aéré en couches qui ont 5 à 6 centimètres d'épaisseur au plus. Ainsi séchées elles se conservent bien; on prétend cependant qu'au printemps elles éprouvent encore une réaction sensible. C'est des soins qu'on met à les conserver que dépendent les résultats de la fabrication de l'orseille.

Les lichens du Cap-Vert et des Canaries offrent de grandes difficultés dans leur récolte, les rochers sur lesquels ils croissent ayant leurs pieds baignés par la mer. Les hommes qui s'occupent de ce travail plantent au sommet des roches l'extrémité d'une corde à nœuds, à laquelle ils se suspendent comme les badigeonneurs de Paris pour aller cueillir les plantes qui croissent sur les parois.

Les lichens récoltés d'une manière ou d'une autre sont toujours mêlés avec de la mousse qu'il est facile de séparer; pour cela on les place en lits de peu d'épaisseur, et on passe sur eux des étoffes de laine à longs poils après laquelle la mousse s'attache.

Depuis nombre d'années les lichens de France ne sont plus employés dans la fabrication de l'orseille, à cause de leur faible richesse en matière colorante. Longtemps on a employé presque exclusivement les lichens des Canaries et du Cap-Vert, mais depuis quinze ans ces lichens ne sont plus employés, leur qualité ayant singulièrement dégénéré; on attribue cette infériorité à la trop grande fréquence des récoltes, qui ne permettait pas aux plantes d'arriver à un développement désirable. C'est depuis cette décadence qu'on tire d'Angola et de Madagascar toute l'orseille qu'on travaille en France; les lichens qui arrivent de ce pays retiennent à leurs extrémités, non pas de petits cailloux, mais de petits morceaux de bois, ce qui donne à penser qu'on les récolte sur des arbres ou des ronces au lieu de rocners. Taylor dit qu'en Angleterre on fait aussi usage des lichens de Barbarie et du pays de Galles.

Leuchs, dans son *Traité des Matières tinctoriales*, indique comme étant employés de préférence à la fabrication de l'orseille les lichens suivants : le *parella rocella*, le *lichen tartareus*, et la *variolaria orcina;* il ajoute qu'on peut cependant employer aussi les lichens suivants : *pellitus, calcarius, jubatus, farinaceus, lacteus, muscorum, omphalodes, impressus, parella prunastri, caparatus, deustus, bacomyces cocciferus, argentata, parella saxatilis.*

Cocq conseille aux fabricants d'orseille d'user, avant la mise en fabrication, de la précaution suivante pour débarrasser les lichens des parties terreuses qu'ils renferment toujours en plus ou moins grande quantité, c'est de les laver dans l'urine ou de l'alcali volatil étendu, suivant qu'on emploie l'un ou l'autre de ces liquides dans le travail. De cette manière l'orseille fabriquée est tout à fait débarrassée de matières terreuses qui ne peuvent que nuire à son emploi dans la teinture. C'est surtout pour les lichens récoltés en France qu'il donne ce conseil, et il prétend qu'avec cette précaution les lichens de notre pays valent tout autant que celui des îles.

Fabrication. Nous avons maintenant à parler des procédés de fabrication de l'orseille; nous ne pourrons donner à cet égard tous les détails qu'on pourrait désirer sur ce sujet; car aujourd'hui, comme en 1812, époque à laquelle Cocq écrivait son mémoire, les fabricants ne tiennent pas le moins du monde à faire connaître les détails de leur travail, dans la crainte plus ou moins fondée de livrer à leurs concurrents, présents ou futurs, les perfectionnements qu'ils peuvent avoir apportés dans les procédés de fabrication.

Ce qui est positif c'est qu'on place dans des auges, appelées *barques* par les gens du métier, les lichens et l'urine ou l'alcali volatil, de manière que les plantes

soient baignées dans le liquide. Voici ce que nous indiquent les anciens auteurs sur le travail à l'urine. On met 100 kilogr. de lichen bien propre et débarrassé, autant que possible, de substances étrangères, dans une barque dont la dimension est ordinairement de 2 mètres de long sur 6 à 7 de profondeur; sa largeur au fond étant de 4 décimètres; un couvercle la ferme assez exactement; on arrose avec 120 kilogr. environ d'urine. Pendant deux jours et deux nuits, on remue, on brasse le mélange toutes les 2 à 3 heures; les caisses étant fermées exactement dans l'intervalle. Le troisième jour de l'opération on ajoute au mélange 5 kilogr. de chaux, 125 grammes d'acide arsénieux et autant d'alun. Pour rendre bien intime le mélange de l'urine et des matières ajoutées, on relève les plantes de chaque côté pour les replacer après l'introduction des ingrédients.

Une fermentation, qui n'est probablement autre chose que le dégagement de l'ammoniaque de l'urine produit par la chaux, ne tarde pas à se manifester, et, à ce moment, il faut brasser la matière avec beaucoup de soin. Pour rendre le brassage facile on ne remplit les caisses qu'à moitié. Si la fermentation (toujours en supposant ce nom bien applicable ici) est prompte les brassages doivent se succéder de demi-heure en demi-heure; si elle est lente, c'est d'heure en heure, mais toujours de manière à empêcher la formation d'une croûte à la surface.

Après 48 heures cette fermentation éprouve un ralentissement; on lui rend une certaine activité en ajoutant alors 1 kilogramme de chaux, et on brasse d'autant moins souvent que la fermentation se ralentit davantage. On laisse ainsi passer quinze jours, puis on ne brasse plus que de 6 heures en 6 heures. Au bout de vingt-trois jours toute l'intensité de couleur est obtenue. En général, l'opération dure trois semaines quand les plantes sont de qualité médiocre, et un mois lorsqu'elles sont très bien choisies.

L'orseille en pâte n'est autre chose que la substance qui se trouve dans les caisses, substance résultant de l'action réciproque des diverses matières mises en présence; elle renferme nécessairement toute la partie ligneuse, plus ou moins intacte, des lichens. Cette pâte d'orseille est conservée dans des tonneaux; au bout d'un an elle a acquis son maximum de teintes, ce qui indique une continuation d'action; à la troisième année elle s'altère.

D'après Taylor, quand l'orseille n'est pas assez rouge on ajoute 500 grammes d'alun par 50 kilogr. de pâte, ou un peu de nitrate d'étain; mais si on veut la rendre plus bleue ou violette, on ajoute 500 grammes de potasse calcinée.

Voilà ce que nous pouvons indiquer sur le procédé de fabrication, lorsqu'on fait usage d'urine. Disons maintenant quelques mots sur la théorie de cette opération.

D'abord, il est de toute évidence que l'urine n'est employée que comme matière première d'ammoniaque, que l'on fait dégager au moyen de la chaux; mais comme on emploie toujours un grand excès de chaux, cet excès ne peut manquer de devenir préjudiciable. De plus, l'urine ne renferme pas seulement du carbonate et autres sels d'ammoniaque, elle contient encore d'autres substances salines et des matières organiques; or, il n'est pas douteux que si quelques-uns de ces corps étrangers à l'ammoniaque peuvent jouer un rôle utile dans la réaction (ce qui est encore une hypothèse), d'autres doivent jouer un rôle secondaire, d'autres enfin un rôle nuisible. En effet, les sels déliquescents que renferme l'urine doivent nécessairement se retrouver dans l'orseille; de plus, l'urine contient des principes azotés putrescibles qui finiraient par entraîner, dans leur décomposition, toute la matière organique végétale, si on n'y prenait garde; c'est pour remédier à cet inconvénient qu'on emploie de l'alun et de l'acide arsénieux; du moins c'est là l'opinion de Robiquet. Et encore ces matières ne suffisent-elles pas toujours pour préserver de la putréfaction; aussi est-on quelquefois obligé, pour la prévenir et l'arrêter, d'ajouter, à l'orseille préparé, un peu d'oxyde rouge de mercure qui est un anti-putride très-puissant.

L'alun qu'on emploie dans cette fabrication se trouve nécessairement décomposé par les alcalis, de sorte que l'alumine précipitée et la chaux augmentent sans nécessité le poids de l'orseille et absorbent en pure perte une quantité notable de matière colorante.

Robiquet pense, avec raison, qu'une des fonctions spéciales de l'ammoniaque, dans la fabrication de l'orseille, est de saponifier les matières grasses ou résinoïdes qui enveloppent le lichen et le rendent imperméable. Ce savant chimiste n'admet pas qu'une fermentation se manifeste dans l'opération; tout se borne, d'après lui, à une réduction qui est naturellement plus prononcée et plus prompte lorsque la température est plus élevée. On sait que le froid contrarie le travail des fabricants d'orseille; on peut remédier à l'inconvénient d'une basse température en chauffant les ateliers contenant les barques. Si les fabricants d'orseille devaient aujourd'hui travailler les lichens avec de l'urine, ils ne suivraient pas tous les errements indiqués par les anciens auteurs, et se passeraient entre autres choses de l'acide arsénieux et de l'alun; nous n'en voulons pas d'autres preuves que l'assertion de M. Ch. Mottet, un des bons fabricants de Paris.

La théorie que nous venons d'exposer pour la fabrication de l'orseille, la seule d'ailleurs proposée, et par suite admise aujourd'hui, indique évidemment que l'ammoniaque, ou l'alcali volatil, remplacerait très bien, avec avantage même, l'urine dans l'emploi qu'on en fait. L'urine, outre les inconvénients déjà cités, a encore celui de ne pas être d'une force régulière, et Cocq conseille aux fabricants de ramener par l'évaporation les urines dont ils font usage à un degré constant, de manière que la dose à employer soit toujours la même, ce qui éviterait nécessairement des tâtonnements et rendrait le travail plus normal.

L'ammoniaque n'a pas cet inconvénient, aussi Cocq a-t-il, dès 1812, insisté fortement pour son emploi; mais il paraît que ses conseils furent, sur ce point du moins, longtemps dédaignés, car Robiquet dit, en 1829, que l'emploi de l'alcali volatil n'a commencé à s'introduire, dans la fabrication de l'orseille, que depuis quelques années.

La routine, le haut prix de l'alcali volatil ont d'abord empêché les fabriques d'orseille d'entrer dans cette voie nouvelle; c'est depuis vingt ans environ que nos fabricants emploient des quantités considérables d'ammoniaque. L'alcali volatil leur donne des nuances plus vives et plus éclatantes; quelques-uns ont bien prétendu que les couleurs d'orseille fabriquées avec de l'urine ont plus de fonds; et que le prix de l'alcali volatil, si bas qu'il fût, ne serait pas pour eux une cause pour revenir entièrement à l'emploi de l'urine; mais les avis sont partagés, et la majorité des fabricants ainsi que la théorie donnent entièrement tort à l'urine. Du reste, des expériences directes donneraient sans peine la solution de cette question, qui intéresse la fabrication de l'orseille; c'est aux fabricants éclairés qu'il appartient de décider par des essais comparatifs. La salubrité publique est, elle aussi, intéressée à ce que tous les doutes soient éclaircis, car la putréfaction de l'urine est la cause, pour le voisinage des fabriques d'orseille, d'émanations très incommodes, sinon malsaines, à tel point que, dans plusieurs circonstances, le conseil de salubrité de Paris a menacé les fabricants de la fermeture de leurs usines, s'ils per-

ORSEILLE.

existaient à faire usage d'urine au lieu d'ammoniaque.

En supposant, d'ailleurs, que parmi les sels que renferme l'urine, certains soient utiles à la fabrication de l'orseille, on pourrait très bien les ajouter à l'ammoniaque dans la proportion nécessaire.

Depuis longtemps, les Anglais ont renoncé à l'emploi de l'urine en nature dans la préparation de l'orseille, ils ont donné la préférence à de l'ammoniaque provenant de la distillation de l'urine avec la chaux (1). Et Bancroff affirme qu'on obtient de plus belles couleurs avec l'ammoniaque pure qu'avec l'esprit d'urine.

Voici ce que Leuchs dit sur la manière de fabriquer en Angleterre. On arrose 1 partie de lichen en poudre (car on moud les lichens dans ce pays) avec 5 parties d'esprit d'urine (2); on couvre le vase, et chaque matin on remue (3). On laisse la pâte dans un endroit modérément chaud, car la chaleur et le grand froid la gâtent. Après quelques jours, la couleur devient rouge-pourpre, puis bleue. Après quatorze jours on met la masse dans des citernes en plomb où elle est remaniée journellement. Après un mois l'opération est terminée.

Il est possible, après tout, que la chaux employée pour caustifier l'ammoniaque de l'urine, et transformée nécessairement en carbonate de chaux donnant une augmentation très sensible de poids, serve ainsi directement les intentions des fabricants. C'est là, à notre avis, une des causes de l'obstination de quelques fabricants à employer l'urine, mais il est clair qu'ils pourraient, en employant de l'alcali, mettre de la craie au lieu de chaux.

Nous devons ici faire une observation à propos de l'emploi des alcalis fixes; potasse, soude et chaux, et surtout des deux premières dans la préparation de l'orseille; cet alcali et leurs carbonates étant solubles comme la couleur de l'orseille, ils persistent dans la pâte et dans les extraits qu'on en retire, et peuvent très bien contrarier les effets qu'on attend des mélanges de l'orseille avec d'autres matières colorantes, le carmin d'indigo, par exemple; avec l'ammoniaque rien de semblable n'est à craindre.

L'ammoniaque qu'on emploie pour extraire la matière colorante des lichens ne doit pas être à son degré commercial, soit 21 à 22 degrés, elle est alors trop concentrée; on la ramène à 15 degrés environ. Comme nous l'avons déjà dit, nous ne savons si les matières qu'on ajoute à l'urine doivent être ajoutées à l'ammoniaque; cela n'est pas probable, mais nous ne pouvons l'assurer d'une manière positive.

N'oublions pas que l'air joue un grand rôle dans le travail, que sans son intervention, l'urine ne peut acquérir de couleur. Ainsi, d'une part, on est obligé d'agir en vases clos, car sans cela, l'ammoniaque se dissiperait dans l'air et n'agirait pas sur le lichen; de l'autre, il est indispensable de donner, de temps à autre, accès à l'air pour qu'il puisse réagir à son tour sur la matière colorante, une fois qu'elle est modifiée par l'alcali; et il y a probablement dans ces influences successives, comme aussi pour la température qui doit régner dans les ateliers, une juste mesure à observer qui fait le point de la difficulté et le tour de main du fabricant. Nous pensons que pour éviter une grande partie de la déperdition de l'ammoniaque, on peut très bien ne pas verser sur le lichen en une seule fois toute la quantité d'alcali nécessaire à la réaction, mais seulement par parties et suivant les besoins.

Un fabricant anglais, M. Robinson, frappé des longueurs des opérations dans le travail de l'orseille et de la nécessité du contact de l'air, a proposé de réduire d'abord les lichens en poudre, d'en faire une espèce de pâte avec de l'alcali et de forcer ladite pâte à sortir par de petits orifices pour avoir un contact plus intime d'air; il conseille de placer la pâte dans un cylindre en métal percé de nombreux orifices dans lequel manœuvre un piston plein chassant la pâte en question. Nous ne savons si ce procédé a été employé, mais il nous semble que son application donnerait lieu à une grande déperdition d'ammoniaque. Le procédé de M. Robinson est breveté.

Plusieurs fabricants d'orseille emploient le procédé suivant quand il s'agit de matières premières d'extraits. Ils attaquent les lichens par de l'eau chaude et même bouillante qui dissout l'orcine; le lichen épuisé est rejeté et la dissolution d'orcine traitée par de l'alcali, avec contact d'air, donne une dissolution d'orseille qu'il suffit de concentrer.

L'opinion de plusieurs fabricants est que le temps de contact des lichens avec l'alcali et l'air atmosphérique, doit toujours être d'une certaine durée pour que toute la matière colorable de ces lichens puisse être extraite et mise à profit. L'on peut préparer de l'orseille en moins de 3 semaines ou un mois, mais cette orseille n'est pas aussi riche en matière colorante que celle travaillée dans cette dernière limite de temps. Ne serait-il pas possible de faire arriver au moyen d'une pompe foulante l'air dans les barques, contenant les lichens, barques qui pourraient être hermétiquement fermées pour pouvoir au besoin recueillir et utiliser l'ammoniaque entraînée par le courant d'air? Ce mode serait surtout employable au procédé que nous venons d'indiquer pour les extraits.

M. Clenchard, fabricant d'orseille, à Paris, a conseillé l'emploi des lichens en teinture au lieu de la pâte d'orseille préparée. Les pièces à teindre seraient nécessairement préparées pour que sous l'influence de l'air et de l'alcali elles puissent prendre la nuance voulue par leur passage dans le bain en question; il paraît que le procédé réussit bien, mais qu'il n'est pas assez expéditif. Ainsi il faut 6 heures pour rendre les pièces qui ne demandent qu'une heure quand le bain est préparé avec de l'orseille en pâte.

Comme nous l'avons déjà dit, les manipulations dans les fabriques d'orseille doivent varier suivant les fabricants, suivant les nuances qu'ils veulent obtenir; il faudrait nécessairement être du métier pour entrer dans le détail de ces opérations.

Outre l'orseille en pâte, on trouve encore dans le commerce l'extrait ou carmin d'orseille; on obtient cet extrait comme tous les extraits colorants, c'est-à-dire qu'on épuise par l'eau la pâte d'orseille, et que la liqueur obtenue, filtrée au besoin, est évaporée de manière à former une masse solide. La température doit être convenablement graduée dans cette évaporation, car la matière colorante est facilement attaquée. Aussi généralement l'évaporation se fait à la vapeur. Pour obtenir 1 kilogr. de bon extrait, on emploie à peu près 2 kilogr. d'orseille en pâte.

On obtient avec l'orseille les couleurs amarante, grenat, et les dérivés, avec des teintes belles, vives et éclatantes, mais en petit teint; on peut appliquer cette matière colorante sans mordants sur la laine et sur la soie, car les mordants n'augmentent guère sa solidité. On emploie fréquemment l'orseille comme fond pour les draps qui doivent être teints avec l'indigo ou la cochenille, et aussi pour les draps qui doivent être teints en rose par la garance, parce que cette dernière seule donne une nuance qui tire trop vers le jaune. On n'a pu jusqu'à présent fixer la couleur de l'orseille sur le coton, du moins avec les teintes vives qui font toute

(1) On met 180 kilogr. d'urine vieille et 6 kilogr. de chaux vive; le produit est leur *esprit d'urine*.

(2) Plus tard, quand le lichen en a beaucoup absorbé, on en verse davantage, un quart.

(3) Bancroff pense que des tonneaux bien cerclés que l'on roulerait de temps en temps seraient préférables.

sa beauté. Robiquet s'est beaucoup occupé de cette question, mais il n'a pu arriver à un résultat satisfaisant.

Nous avons déjà indiqué l'action des acides et alcalis sur cette matière colorante, ajoutons que le sel ordinaire rend plus claire sa couleur cramoisie, le sel ammoniac la rend rouge de rubis. L'alun forme un précipité rouge-brun, et la liqueur devient d'un rouge jaunâtre. Le sel d'étain produit un précipité rougeâtre qui tombe lentement, la liqueur surnageante reste rougeâtre. Le sulfate de fer forme un précipité brun foncé, le sulfate de cuivre un précipité brun cerise.

L'orseille en pâte est spécialement employée par les teinturiers ; les imprimeurs en étoffes ne font usage que de l'extrait qu'ils préparent eux-mêmes ou qu'ils achètent tout fabriqué.

Le *cud-beard* ou *persio* n'est autre chose que l'orseille en poudre; on le rencontre dans le commerce, sous la forme d'une poudre rouge-violet, d'une odeur particulière peu désagréable. Il se dissout en partie dans l'eau bouillante. A. MALLET.

M. Salvetat a donné, à l'article TEINTURE, l'exposé des derniers progrès accomplis dans cette fabrication.

OS (*angl.* bones, *all.* knochen). Les os des animaux sont formés de deux substances entièrement distinctes, l'une de nature organique, l'autre saline et composée d'un mélange de phosphate et de carbonate de chaux. La matière organique sert à la confection de la colle-forte et de la gélatine alimentaire ; les résidus salins à la préparation du phosphore. Lorsqu'on calcine les os au rouge, en vase clos, on obtient le NOIR ANIMAL, agent décolorant par excellence. Les os de choix remplacent l'ivoire pour les ouvrages communs de tabletterie. Enfin, les os, préalablement broyés, forment un engrais très-durable et excellent, surtout pour les céréales.

OSMIUM. Métal découvert par Tennant, en 1803, dans les minerais de platine, volatil et extrêmement vénéneux. Il n'a, ainsi que ses composés, aucun emploi dans les arts.

OUTILS (*angl.* tools, *all.* werkzeug). Les outils sont la source de toute fabrication, de toute production. Sans les outils, plus de maisons, plus de culture, plus de défense contre l'agression des animaux plus favorisés de la nature ; la civilisation disparaît, l'homme retourne à l'état sauvage. L'outil est l'agent que l'homme emploie dans toute exécution ; et le bien-être général suit le perfectionnement des outils. Les outils servent à faire de meilleurs outils ; le premier fut un caillou tranchant. Nous ne voulons pas considérer cet objet dans son ensemble, cet ensemble est trop vaste (voir au *Complément*, OUTILS TRANCHANTS, les belles pages de Poncelet sur ce sujet), nous devons cependant en dire quelques mots.

Chaque profession a ses outils particuliers; c'est à les connaître parfaitement que tout individu qui veut se livrer à tel ou tel état doit d'abord s'adonner, car la connaissance parfaite des outils est à elle seule plus de la moitié de la connaissance de l'état. Une chose à laquelle tout homme qui veut devenir célèbre dans sa partie doit penser d'abord, aussitôt qu'il a acquis assez l'habitude de travailler, c'est à la fabrication des outils; il ne connaîtra jamais parfaitement ses outils s'il ne les a pas, une fois au moins, faits lui-même. C'est en se livrant à cette occupation importante qu'il pourra aussi s'apprécier lui-même. En effet, si l'on fait un peu moins bien un assemblage, si l'on tourne un vase en bois moins bien taillé que tel autre, s'il s'agit de forger une rampe, un balcon ou autre objet de cette nature, et que le travail n'en soit pas absolument sans reproche, etc., ces objets pourront servir de même, ils seront du goût des uns s'ils ne plaisent pas aux autres ; mais les outils ne souffrent pas d'imperfection : ils vont ou ne vont pas; l'amour-propre ne peut ici avoir de refuge: dès que l'outil ne fonctionne pas, c'est qu'il est mal fait. Quand

OUTILS.

un homme a fait lui-même ses outils, il en connaît le fort et le faible, et, par la suite, s'il doit les renouveler en en achetant d'autres, il les achètera bons, parce qu'il les connaît parfaitement. Un proverbe d'atelier dit: *Les bons outils font à eux seuls la moitié de la besogne;* ce proverbe exprime une vérité que tous les travailleurs ont sentie. La partie de l'outillage doit donc d'abord fixer l'attention, non-seulement de celui qui travaille par lui-même, mais encore de celui qui fait travailler des ouvriers. Le maître intelligent comprend qu'il y a une économie grande pour lui à entretenir toujours l'outillage en bon état ; l'argent qu'il consacre à cet usage est placé à gros intérêt : dès qu'une lime blanchit, il doit la supprimer ; dès qu'un marteau s'est déformé, il doit le faire remettre au feu ; dès que l'enclume s'enfonce, il doit ou la redresser ou la réformer; celui qui rabote avec un fer qui ne coupe pas fait longuement de la mauvaise besogne ; cela est si vrai que le marchandeur, que l'ouvrier à ses pièces et qui se fournit d'outils, a toujours soin de les tenir en bon état. Les Anglais ont compris longtemps avant nous toute l'importance de l'outillage ; ils ont constamment tenté de l'améliorer, aussi nous ont-ils constamment devancé dans la production, et de plus, ils ont fait de la vente des outils une branche importante de leur commerce d'exportation. Le peuple qui aura les outils les plus parfaits aura toujours la prééminence dans la production. On va chercher bien loin des moyens de faire progresser l'industrie ; on veut une production bonne, abondante, à bas prix; le moyen d'y arriver, c'est de perfectionner l'outillage ; tout, ou du moins presque tout, est là. C'est parce que nous sommes bien pénétré de cette vérité, que dans le cours de cet ouvrage, nous avons toujours traité avec soin ce qui concerne les outils, les machines-outils et les moyens matériels d'exécution. Le moindre perfectionnement introduit dans l'outillage est d'une importance majeure, car c'est un pas en avant de fait; et ce pas fait, il ne sera pas possible de reculer: tout le monde en profitera. Un perfectionnement dans l'exécution est individuel; ce perfectionnement fût-il considérable, il n'assure pas de progrès pour l'avenir, il dépend du savoir-faire de tel homme, il finira avec lui, et après il y aura peut-être un pas rétrograde. Un sculpteur fait des chefs-d'œuvre avec un simple ciseau et un marteau ; l'éclat de son génie rejaillit sur toute la nation, l'époque de son passage sur la terre est noté dans l'histoire, mais, lui mort, il ne se retrouve pas un autre sculpteur. Mais s'il a produit ses chefs-d'œuvre avec une machine-outil (nous voyons de nos jours des machines à graver, des machines à sculpter), comme les machines ne meurent pas, lui mort, la production ou au moins la reproduction des chefs-d'œuvre continuera, et même pourra augmenter, le génie pouvant encore perfectionner la machine-outil. Le talent d'exécution individuel ne profite qu'à nous seulement ; mais quand nous perfectionnons un outil, c'est un legs que nous faisons aux générations futures, un fonds de richesse et de bien-être que nous laissons à ceux qui nous suivront. Malheureusement, cette idée si simple n'a pas été comprise par les hommes ; ils ont glorifié l'exécution individuelle; le silence et l'oubli ont été le partage de ceux qui ont fait l'éducation de l'humanité; le nom de Phidias est resté, on n'a pas conservé le nom de celui qui nous a dotés de la scie ou de la tarière, ou de tout autre outil dont les siècles ont joui, dont nous jouissons chaque jour, dont nos enfants profiteront encore.

L'un des signes auxquels on reconnaît principalement l'invention d'un bon outil, c'est la plus ou moins grande facilité qu'on éprouve à le remettre en état lorsqu'un long usage l'a détérioré ; ainsi la hache, les ciseaux, les fers de rabots et tous les outils tranchants sont de bons outils, parce que la remise en état pour un long temps est obtenue par l'opération prompte et

peu dispendieuse du repassage. Une lime est un outil imparfait par les raisons que nous avons données en traitant ce mot ; un marteau est un bon outil, parce qu'entre les mains d'un bon forgeron il dure très-longtemps sans exiger de remise en état, et que s'il faut enfin en venir à cette opération, il suffit de l'amollir au feu, de le forger de nouveau et de le tremper pour qu'il redevienne, à peu de chose près, ce qu'il était quand il est sorti pour la première fois des mains de l'ouvrier qui l'a fait. C'est par suite de cette observation qu'on a amélioré beaucoup d'outils, en rendant mobiles les parties qui supportent les efforts. Ainsi, dans les cisailles, on a appliqué de minces lames d'acier, fixées avec des boulons, à l'endroit où s'opère la section des planches métalliques, et par ce moyen on a éternisé la cisaille ; quand, par suite de nombreux repassages, les lames d'acier sont usées, on les remplace facilement par de nouvelles. On a mis aux étaux des mors mobiles faciles à remplacer, on en a mis aux pinces servant à trancher les fils métalliques; les fabricants cherchent à mettre des pièces rapportées en acier partout où cela est praticable. En agissant ainsi, ils épargneront beaucoup de soudures, opérations qui ne se font pas toujours bien, et dont l'effet immanquable est de faire perdre à l'acier beaucoup de qualité, l'outillage y gagnera, et conséquemment la production en profitera.

Le bas prix, qui est toujours la chose essentielle à considérer lorsqu'il s'agit de produits, n'est pas d'une importance aussi grande lorsqu'il s'agit d'outils, qui sont les producteurs: ici la qualité, la bonté doit être placée en première ligne. Mieux vaut un outil cher qui produit beaucoup et bien, qu'un outil bon marché qui remplit mal ses fonctions. Le haut prix mis au bon outil sera promptement compensé par la production, et puis suivront les profits ; le bas prix du mauvais outil sera, tant qu'il durera, une cause de perte, et la somme de ce que l'ouvrier aura manqué à gagner dépassera au centuple celle qu'il aura mal à propos économisée sur l'achat, et en retour il aura sa peine de moins; car il faut beaucoup de dépenses, il faut beaucoup d'adresse pour faire, même en y mettant plus de temps qu'il ne faut, de bon ouvrage avec de mauvais outils. Sans doute, il est désirable de voir l'industrie parvenir à faire de bons outils à bon marché ; mais nous le répétons, en fait d'outils, le prix d'achat ne doit jamais être qu'une condition secondaire. PAULIN DÉSORMEAUX.

OUTILS COUPANTS. Nous chercherons à compléter ici l'admirable étude de Poncelet, reproduite à l'article OUTILS du *Complément*, que l'on doit lire avant le présent article, consacré aux développements dont l'utilité y est indiquée, aux résultats fournis par la théorie et l'expérience.

Matière des outils. L'acier sert à faire à peu près tous les outils coupants, à cause de la grande dureté qu'il acquiert par la trempe et de la possibilité de le travailler, de l'amener à la forme voulue avant de le tremper. On les fait en général en acier fondu, et on trempe dans toute leur force et sans recuit ceux dont la pointe n'est pas trop aiguë et qui doivent servir à façonner des substances dures. On doit faire revenir ceux dont la pointe est fragile. On a cherché à obtenir, pour le travail de corps très-durs, des substances plus dures encore que l'acier de cémentation fondu et trempé; telles sont certaines fontes et surtout l'acier Mushet au tungstène, décrit à l'article ACIER. Enfin le diamant a été employé pour graver les pierres dures; le diamant noir notamment, qui a peu de valeur et qu'on trouve en fragments assez gros, a permis de tourner le granit et le porphyre en leur donnant le plus beau poli.

Forme des outils. On sait bien que des outils de forme convenable sont nécessaires pour exécuter un ouvrage déterminé, mais beaucoup de constructeurs ignorent qu'on peut obtenir une grande économie de force motrice, en donnant aux outils un angle spécial, parfaitement déterminé, et en présentant convenablement une des faces du tranchant contre la matière à travailler ; et que si les angles de coupe et de position s'éloignent seulement de quelques degrés de ce qu'ils doivent être, le prix de revient du travail est notablement augmenté.

Il nous faut établir d'abord le principe de l'action mécanique du coin, sur lequel reposent toutes les propriétés des outils tranchants.

Supposons qu'il s'agisse d'enlever une bande de matière ABCD avec un coin EDF, il est clair qu'en plaçant la face DF presque parallèlement à AC et en exerçant une pression suffisante, le coin entrera dans le bloc et enlèvera un copeau (fig. 1).

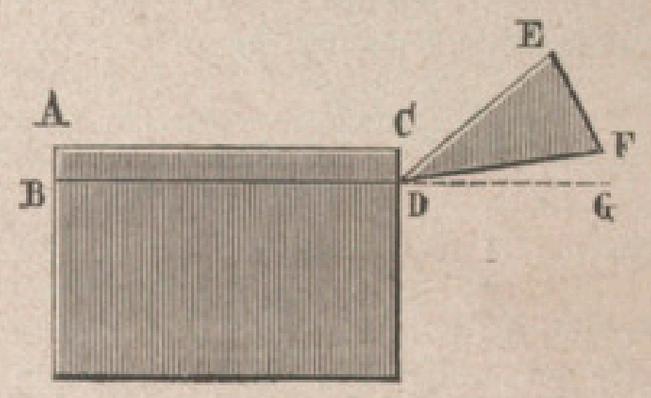


Fig. 1.

On est disposé à croire que plus l'angle EDF est aigu et plus le copeau s'obtiendra facilement, qu'il n'y a par conséquent de limite à la finesse du tranchant que la résistance du métal dont est fabriqué l'outil. C'est là une grave erreur. On ne réfléchit pas que le travail moteur est employé aussi bien à soulever le copeau qu'à pousser l'outil dans le bloc. Sa partie supérieure est pincée énergiquement par le copeau, en raison de la ténacité et de l'élasticité de la substance sur laquelle on opère, et par suite là prend naissance un frottement et une résistance pour le soulèvement du copeau, d'autant plus considérable que l'angle EDF est plus petit.

Lorsque l'angle tranchant se rapproche de 90° le copeau est refoulé, désagrégé dès sa formation, tandis qu'il reste entier et se développe en spirale si cet angle reste suffisamment aigu. Dans ce dernier cas on remarque que la face intérieure du copeau est lisse; tandis que l'autre face est hérissée d'aspérités.

Ainsi, d'une part, l'entrée de l'outil et la séparation du copeau sont facilitées par la finesse du tranchant, et d'autre part le soulèvement du copeau crée des résistances qui augmentent avec cette même finesse. Il y a donc à rechercher quel est l'angle qui satisfait le mieux aux conditions réunies du problème.

Rappelons la théorie du coin qui permet d'analyser tous les effets produits.

Soit MNO (fig. 2) une section perpendiculaire aux arêtes du coin passant par la direction de la puissance P (MN étant tracé perpendiculairement à cette direction s'il s'agit d'un outil long). D'un point A pris sur la direction de celle-ci, abaissons deux perpendiculaires AB, AC sur les deux faces NO,MO du coin MNO, prenons une longueur AD sur la direction de P, qui représente cette force en grandeur et en direction, et achevons le parallélogramme ABCD.

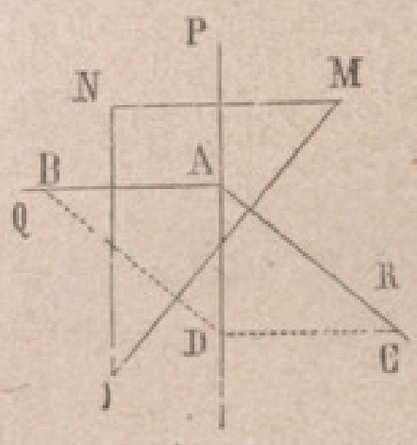


Fig. 2.

La puissance P, représentée par AD, se décompose en deux autres Q et R représentées par AB et AC, qui seront les grandeurs des efforts exercés perpendiculairement aux côtés MO et NO. On aura donc:

P : Q : R : : AD : AB : AC ou BD,

c'est-à-dire comme les trois côtés du triangle ABD. Or ce triangle est semblable au triangle MNO auquel ses trois côtés sont perpendiculaires, d'où cette propo-

sition : La puissance étant représentée par la tête du coin, les deux forces qui agissent perpendiculairement aux côtés sont représentées par ces côtés mêmes.

Les frottements proportionnels à ces faces sont très-grands; le travail est minimum, pour un même angle en O et une même surface, quand un des angles M ou N est droit.

Si le coin est isocèle, les deux résistances sont égales. P étant la puissance motrice et R la résistante, enfin α le demi-angle au sommet, on a à l'état d'équilibre dynamique $2\,R \sin \alpha = P$ ou $R = \frac{P}{2 \sin \alpha}$

Le frottement R f sera donc égal, pour un petit angle, par exemple, pour lequel $\sin \alpha = 1/16$, ou pour $\sin \alpha = 1/2$, à 8 P f ou à P f, huit fois plus grand dans le premier cas que dans le second.

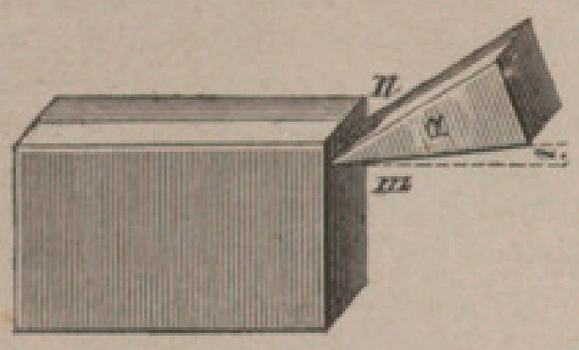


Fig. 3.

La ligne extrême du coin *mn* (fig. 3) qui pénètre dans la matière se nomme arête coupante; l'angle I que fait l'outil avec la surface à obtenir, angle d'incidence; l'angle T des deux faces du coin, angle tranchant. La détermination de ces trois éléments : arête coupante, incidence et tranchant, constitue toute la science de l'outil.

L'arête coupante est une ligne qui doit remplir un certain nombre de conditions, mais qui n'est pas soumise à des règles invariables. Pour dégrossir, par exemple, il convient de prendre la matière obliquement, et pour planer sur le tour, il est nécessaire de la prendre normalement à la surface.

Ainsi, les outils pour dégrossir les plus solides ont l'extrémité en forme de crochet (fig. 4). Les mécaniciens anglais préfèrent le crochet à double biseau légèrement arrondi, qui est un bon outil. La plane anglaise, pour terminer sur le tour, est à ressort (fig. 5), avec

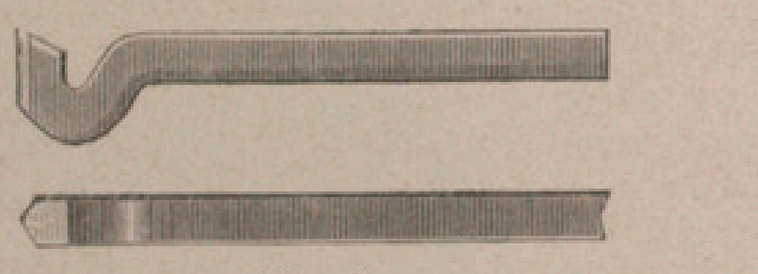


Fig. 4.

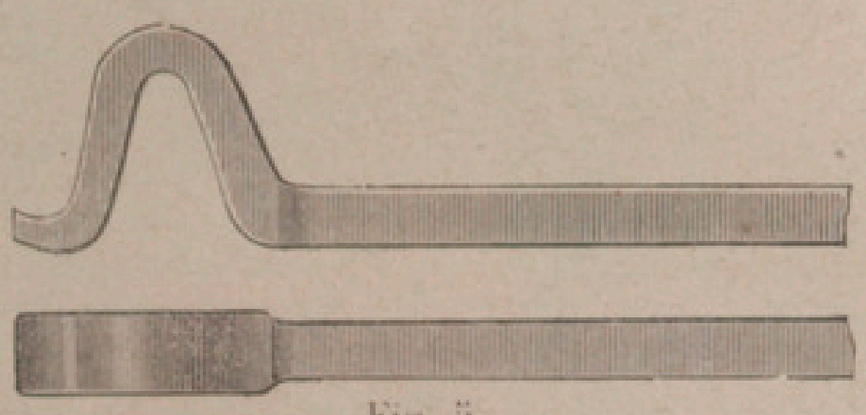


Fig. 5.

un bec très-allongé, ce qui permet à l'arête coupante de fléchir plutôt que de s'engager dans la matière ; son emploi donne de bons résultats surtout pour les ouvrages de précision. Pour empêcher la flexion trop sensible du bec de cette plane, certains ouvriers placent entre les branches une substance élastique : du bois, du cuir ou du liége.

Dans le bel ouvrage resté malheureusement incomplet de Holzapfel, on trouve la description d'un outil de tour composé de deux pièces distinctes (fig. 6), savoir : un porte-outil en acier forgé et matricé, et une tige cylindrique affûtée suivant une certaine inclinaison et retenue dans le porte-outil au moyen d'une ou plusieurs vis de serrage. Ce système a l'inconvénient, remarque

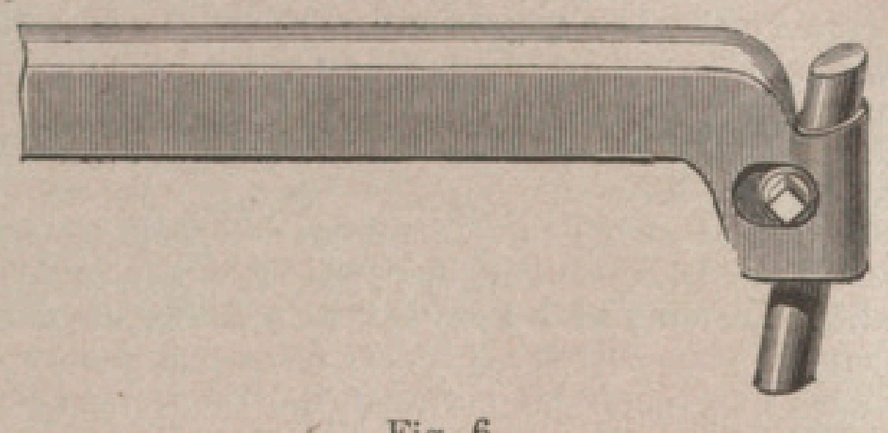


Fig. 6.

M. Poulot, d'introduire dans l'outillage une cause de vibration. Comme on a déjà de sérieuses difficultés à éviter le jeu dans les chariots et les trépidations des organes des machines-outils, on est peu disposé à admettre un outil qui apporte avec lui une nouvelle chance de malfaçon.

De l'angle d'incidence. Nasmyth a établi le principe de tout outil coupant, à savoir qu'on doit faire mouvoir le tranchant le plus parallèlement possible à la surface, l'incliner seulement pour qu'il n'existe pas de frottement en arrière, c'est-à-dire le disposer de telle façon *que sa face inférieure forme l'angle le plus petit possible avec la surface qu'on attaque*, en lui laissant une résistance suffisante eu égard à la cohésion de la matière à travailler; ou, en d'autres termes, que la face voisine à la matière à travailler doit être presque parallèle à la surface de celle-ci; et que le degré d'acuité convenable doit être obtenu en creusant la face antérieure, sur laquelle glissent les copeaux. On peut trouver un exemple familier et frappant de l'application de ce principe dans le rabot ordinaire du menuisier. Le fer du rabot, qui est ici l'instrument tranchant, est monté dans le bois, la semelle du rabot en limite nécessairement l'enfoncement, et ne permet que la pénétration nécessaire pour enlever un copeau d'épaisseur convenable. On voit aisément que les faces du fer du rabot et la face plate près du bois satisfont aux conditions ci-dessus indiquées, et notamment que la face affûtée du ciseau et la surface du bois lui-même forment le plus petit angle possible.

Le même principe s'applique à tous les outils, aussi bien aux mèches des outils à percer qu'aux burins qui servent à tourner, etc.

Le raisonnement conduit à la forme du crochet si employée aujourd'hui, notamment dans les machines à raboter. Il est clair que, si la face antérieure de l'outil était à angle droit avec la surface à attaquer, il ne ferait qu'écraser des molécules de métal, que gratter et enlever les molécules en poussière; il ne couperait pas. D'un autre côté, si l'angle d'incidence était trop aigu relativement à la résistance à surmonter, la pointe serait bientôt rompue et l'outil hors de service.

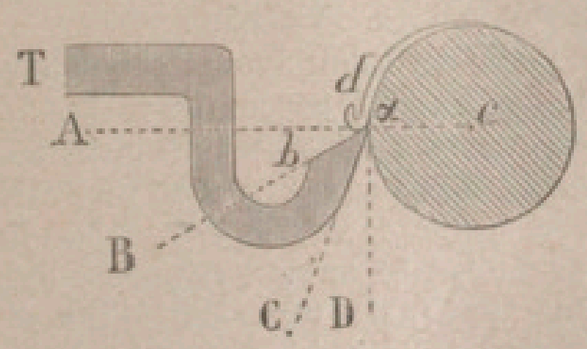


Fig. 7.

La figure 7 montre comment peut se construire, pour le tour, un outil remplissant ces conditions, c'est-à-dire tel que l'angle C α D soit très-petit, et l'angle B α C en rapport avec la résistance de la substance à travailler. Nous allons revenir sur la détermination de ces angles, obtenue par des expériences.

Épaisseur et enroulement du copeau. Il faut remarquer que l'outil doit séparer le copeau et l'enrouler après qu'il a été détaché. Babbage a fait sur ce côté de la question une observation curieuse.

Si t est la largeur du tranchant, e l'épaisseur du co-

peau, la résistance au mouvement de l'outil pourra être représentée par une expression de la forme $At + Bte^2$, le second terme se rapportant à l'enroulement du copeau, et l'inclinaison successive des éléments de la petite épaisseur e étant proportionnelle au carré de l'épaisseur, comme toute résistance à la flexion; elle devient considérable quand le copeau est épais et la ténacité de la matière notable.

Cette relation indique, en raison des coefficients A et B, proportionnels l'un à la cohésion, l'autre à la malléabilité du métal à travailler, qu'il existe dans chaque cas une certaine épaisseur de copeau plus convenable que toutes les autres pour l'économie de la force motrice.

En effet, soit à enlever une épaisseur $2e$; si l'on enlève successivement deux épaisseurs égales à e, le travail est égal à $(2\,At + 2\,Bte^2)\,l$ pour une longueur l, et si l'on opère en une seule fois à $(At + 4\,Bte^2)\,l$.

Le travail nécessaire pour enlever la même épaisseur de métal en deux fois est donc moindre que celui nécessaire pour l'enlever en une fois, si l'on a :

$$2\,At + 2\,Bte^2 < At + 4\,Bte^2,$$

ou $A < 2\,Be^2$, ou $e^2 > \frac{A}{2\,B}$ (1). Posons $e^2 = \frac{A}{2\,B} + v$; la force nécessaire pour deux opérations devient :

$$2\,At + 2\,Bt\left(\frac{A}{2\,B} + v\right) = 3\,At + 2\,Bt\,v,$$

pour une seule :

$$At + 4\,Bt\left(\frac{A}{2\,B} + v\right) = 3\,At + 4\,Bt\,v,$$

et la différence est $2\,Bt\,v$.

Si au lieu de la relation (1) on avait une relation inverse, la différence serait de signe différent, d'où la conclusion indiquée ci-dessus qu'il existe pour chaque substance une valeur de e plus avantageuse que toute autre au point de vue du travail moteur consommé par la machine-outil.

La limite de l'épaisseur du copeau est souvent indiquée par la puissance de la machine-outil, si l'outil est suffisamment large ; plus souvent par l'échauffement de l'outil.

Pour la fonte et le cuivre, le copeau une fois enlevé se brise en petits éclats, aussi les outils s'échauffent-ils peu et ces métaux se travaillent à sec. Pour le fer, plus malléable, le copeau presse fortement sur l'outil qui s'échauffe par suite du frottement et de la compression; aussi faut-il rafraîchir l'outil avec de l'huile ou de l'eau de savon.

La face antérieure de l'outil doit être disposée de manière à ne pas rencontrer de suite le copeau enroulé, pour ne pas faire naître une résistance accessoire qui peut être notable.

Épaisseur de l'outil. — L'outil doit avoir une grande épaisseur dans le sens du chemin à parcourir, relativement à la résistance à surmonter. S'il peut obéir aux pressions exercées, il *broute*, écorche le métal en vibrant.

Angles à donner aux outils. — *Affûtage.* — L'angle tranchant a une valeur différente suivant la nature des corps : il est maximum lorsqu'ils sont cristallins et grenus, et minimum lorsqu'ils sont fibreux et tenaces. Cet angle est indépendant de la vitesse du mouvement de l'outil comme de l'épaisseur du copeau.

Nasmyth et Babbage, puis Willis ont cherché à déterminer cet angle pour les matières travaillées par les mécaniciens. D'après ce dernier, l'angle d'incidence étant toujours de 3°, l'angle tranchant doit avoir :

60° pour le fer et l'acier,
70° — la fonte,
80° — le bronze.

M. Joessel a fait à Indret, en 1863, une série très-complète d'expériences sur des outils de toute forme, en mesurant le travail consommé pour enlever un même poids de matière, au moyen d'un dynamomètre Tauri nes. La construction graphique de tous les résultats lui a permis d'établir que les meilleurs angles de coupe devaient être :

Pour le fer. . .	Tranchant.	51°
—	Incidence..	3°
Pour la fonte. .	Tranchant.	51°
—	Incidence..	4°
Pour le bronze.	Tranchant.	66°
—	Incidence..	3°

Entre les résultats obtenus par les deux expérimentateurs, la différence est notable. Cela tient sans doute à la différence du point de vue des deux expérimentateurs. Willis s'occupait surtout de la durée de l'outil et de la rapidité du travail ; M. Joessel ne recherchait absolument que l'économie de la force motrice.

M. Poulot, auquel nous avons fait de nombreux emprunts dans ce qui précède, admet, d'après ses expériences, pour un petit angle d'incidence de 3°, les angles tranchants ci-après : pour le fer, 55° ; pour la fonte, 60° ; pour le bronze, 75°.

Pour vérifier les angles des outils on peut employer des calibres de divers genres; les plus simples sont formés de petites plaques de tôle, entaillées suivant l'angle voulu.

A tous les calibres, dit avec raison M. Poulot, nous préférons beaucoup les meules à chariot de Whitworth.

Ces meules sont de deux espèces. Avec les unes on affûte sur le pourtour comme dans les anciennes meules, avec les autres on affûte sur le plat de la meule.

Dans l'une et l'autre disposition, on peut donner à un outil un angle exact, sans avoir besoin de le vérifier pendant le meulage; il suffit de donner au chariot mobile autour d'un axe horizontal, sur lequel se monte l'outil pour l'affûtage, une position déterminée, ce qui est rendu facile par un index placé sur le côté (fig. 8).

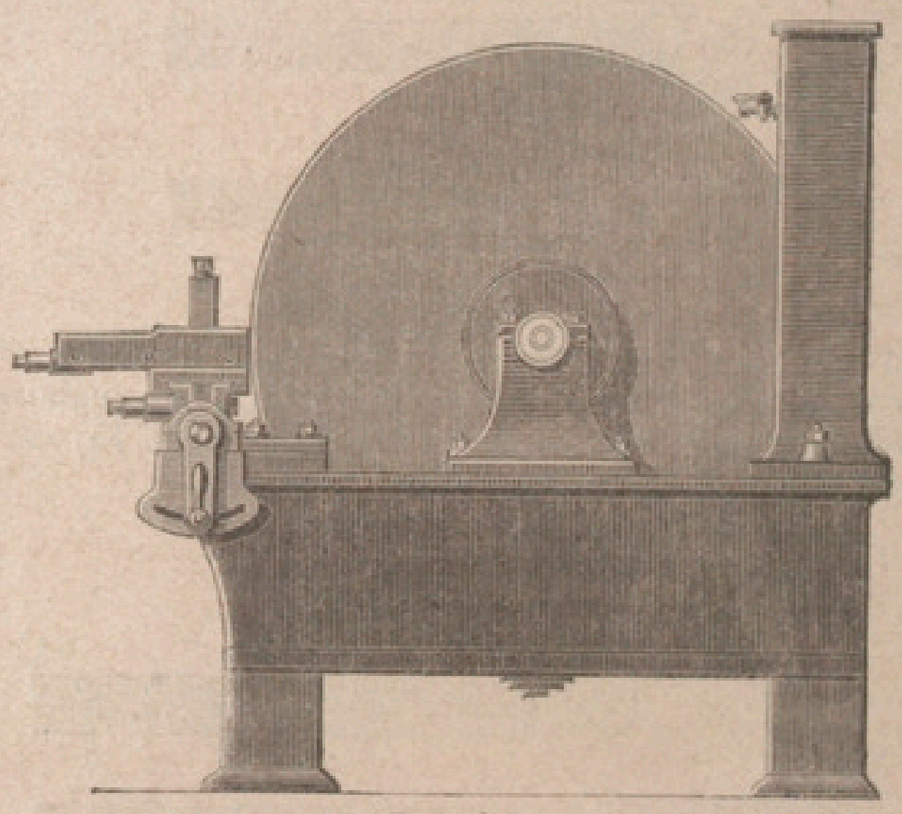


Fig. 8.

L'emploi du plat de la meule, au lieu du pourtour, offre plusieurs avantages; la dureté variable des lits successifs du grès n'a plus d'influence sur l'affûtage, et le chariot se mouvant du centre à la circonférence, on peut commencer l'affûtage avec la plus grande vitesse et donner le dernier coup sur une partie allant moins vite.

L'usage de ces meules est trop peu répandu en France et cependant, dit M. Poulot, l'invention du célèbre constructeur anglais constitue un des progrès les plus considérables qu'on ait jamais réalisés dans l'outillage. Employer des outils toujours bien coupants, affûtés sous les angles les plus convenables, est évidemment le point de départ essentiel de toute bonne et économique construction.

Fabrication des outils. Nous entrerons dans quelques détails sur la fabrication des outils fondée sur une série d'opérations qui sont toujours:

Un forgeage suivi le plus souvent d'un travail à la lime; la trempe presque toujours suivie d'un recuit et d'un redressage; puis, pour les tranchants, l'émoulage et l'aiguisage, et enfin le polissage quand les pièces doivent avoir de l'éclat.

Nous dirons quelques mots des outils des diverses industries.

La fabrication des faux comprend un grand nombre d'opérations de forge qui ont été décrites à l'article FAUX. Pour les tremper, on les plonge dans un bain de corps gras, composé d'huile, de suif, etc. Cette trempe, quoique douce, est cependant trop forte pour permettre le martelage, qui est généralement employé pour rétablir à froid le tranchant quand il est émoussé; pour l'amener à un état convenable, on soumet la faux à un recuit dans un bain de sable chauffé. On juge à la couleur quand le recuit est suffisant. La faux est alors dressée définitivement et recouverte quelquefois d'un vernis qui la préserve de l'oxydation.

Les scies se fabriquent généralement avec de l'acier fondu, laminé d'abord à chaud, puis à froid quand la bande d'acier est arrivée à la largeur voulue.

Elles sont trempées de la même manière que les faux; on leur fait ensuite éprouver un recuit et un dressage entre deux plaques de fonte ou de fer chauffées jusqu'à ce que leur couleur arrive au jaune ou au bleu, suivant la qualité de l'acier.

Les lames passent alors au polissage, puis on enlève les dents à l'emporte-pièce. Pour le polissage on emploie un lapidaire à l'émeri.

La fabrication des outils pour le travail du bois, l'agriculture, etc., etc., désignée sous le nom de taillanderie, consomme une grande quantité d'acier. L'acier, dans ces outils, est presque toujours allié au fer; il forme exclusivement les tranchants, pointes, etc., le reste de l'outil est en fer.

On commence par ébaucher la pièce, et on donne la forme définitive aux parties qui ne doivent pas être aciérées, souvent à l'aide d'étampes. Ce forgeage terminé, on procède au soudage de l'acier; pour cela on applique une plaque d'acier sur la pièce de fer ou dans l'intérieur, après l'avoir ouverte, selon que le tranchant doit être sur le bord ou au milieu de l'épaisseur de l'outil. On chauffe le tout au blanc soudant, on forge et on étire à la forme définitive. Quand on emploie l'acier fondu, on chauffe la pièce de fer avant que d'appliquer la mise d'acier, et on interpose du borax entre les deux pour faciliter la soudure.

La pièce étant finie de forge est trempée et recuite. Le recuit s'opère en chauffant la pièce, quand elle n'a pas de grandes dimensions, sur un morceau de fer rouge, et les pièces de grandes dimensions, dans un feu spécial.

Quelques outils, tels que les mèches, vrilles, etc., sont composés d'étoffes, c'est-à-dire de plusieurs bandes de fer et d'acier soudées et corroyées avant le forgeage de l'outil.

Après la trempe, les pièces sont émoulues, aiguisées et polies. La lime n'intervient jamais dans la fabrication de grosses pièces.

Quelques outils sont exécutés aujourd'hui en acier fondu; ils sont principalement employés pour la sculpture, l'ébénisterie, etc.

Les aciers employés pour la taillanderie sont, en Angleterre, presque exclusivement des aciers de cémentation dits aciers poule; en France, des aciers naturels de l'Ariége, obtenus par la méthode de Rives; en Allemagne on emploie, en grande partie, les aciers naturels de la Styrie, de la Carinthie et du Tyrol.

Pour les limes on emploie, en Angleterre, l'acier cémenté, et plus généralement l'acier fondu.

OUTILS COUPANTS.

Les fameuses limes à grosse taille de N. Spencer sont fabriquées avec de l'acier cémenté provenant du fer de Suède. Cet acier est soumis à un simple étirage.

En Allemagne, on se sert d'acier naturel pour les limes à grosse taille, et d'acier fondu pour les tailles fines.

En France, on emploie aussi, en général, pour les grosses limes, les aciers naturels et de cémentation, et pour les limes à tailles fines, l'acier fondu.

La fabrication des limes consiste d'abord dans un forgeage; il se fait à la main. Cependant, quand les limes sont grosses elles peuvent être ébauchées au martinet. Après le forgeage, les limes communes sont aiguisées sur la meule; les limes fines sont blanchies à la lime; elles sont ensuite soumises à un recuit; pour cela, on les place dans une caisse en tôle fermée hermétiquement dont on élève la température au rouge blanc; on laisse ensuite refroidir lentement. Au sortir de la caisse, elles sont limées légèrement, et on procède à la taille: cette opération se fait toujours à la main. Quand la lime est taillée, elle est portée au rouge, puis trempée; pour empêcher la décarburation de la lime en la chauffant quand elle est taillée, on la recouvre d'un mastic contenant des matières carburées, qui la préserve du contact de l'air. La trempe s'opère en les plongeant dans un baquet rempli d'eau dans laquelle on a dissous du sel ammoniac et du sel marin (Voy. LIMES).

Les limes se voilent ordinairement à la trempe; on les redresse en les plaçant sur deux points d'appui et en les soumettant à l'effet d'une vis de pression. On les chauffe légèrement pour faciliter le redressage.

La fabrication des lames de couteaux, rasoirs, canifs, ciseaux, etc., comprend: le forgeage, le limage, la trempe, l'aiguisage et le polissage.

Le forgeage se fait presque toujours à la main, en étirant les barres d'acier sur des enclumes spéciales. Cependant, aujourd'hui, quelques fabricants enlèvent les lames des couteaux, ciseaux, etc., à l'emporte-pièce dans des tôles d'acier fondu, et achèvent de leur donner la forme par un estampage. Ces deux opérations remplacent le forgeage à la main et le limage.

Quand les pièces sont forgées, elles sont soumises à un recuit qui doit être fait en vase clos pour être régulier, quand on opère sur un grand nombre de pièces à la fois. Ce recuit a pour objet d'adoucir l'acier et de rendre ainsi le travail de la lime facile. Quand on a dégrossi les pièces à la lime, on les trempe, après avoir élevé leur température au rouge, soit en les plongeant dans l'eau pure ou dans un bain composé d'huile et de suif; la pièce subit ensuite un recuit qui l'amène au degré de dureté que l'on veut obtenir. Pour les rasoirs, on s'arrête généralement à la couleur violette, etc.

Après la trempe, les lames sont amenées à leur forme définitive par l'émoulage, elles sont ensuite aiguisées et polies.

On se sert, pour l'émoulage et l'aiguisage, de meules en grès quartzeux, tournant avec une grande vitesse; pour le polissage on emploie des lapidaires de bois ou couverts d'une peau, sur lesquels on applique des poudres dures, au moyen de corps gras qui les rendent adhérentes. Les plus beaux polis s'obtiennent avec les poudres les plus fines et des lapidaires recouverts de peau; quand il doit être éclatant on le finit à sec, c'est-à-dire sans l'intervention d'un corps gras.

Les aciers employés sont l'acier fondu pour la coutellerie fine, et les aciers naturels et de cémentation, corroyés ou bruts, pour la coutellerie ordinaire.

Nous ne parlerons pas ici de l'application de l'acier fondu sur du fer, de l'acier doublé, en quelque sorte, nommé produit mixte, qui s'emploie plutôt pour des roues et des objets du matériel des chemins de fer que pour la fabrication des outils. Nous en avons parlé déjà à l'article BOUCHES A FEU.

OUTREMER (*angl.* et *all.* ultramarin). On extrait cette couleur, qui possède une teinte bleue extrêmement riche, du *lapis-lazuli* ou *lazulite*, minéral assez rare qui nous arrive surtout de la Bucharie, par la voie d'Orenbourg, et qui est composé, d'après Warrentrapp, de :

Silice.	45,40
Alumine.	31,67
Soude.	9,09
Acide sulfurique.	5,89
Soufre.	0,95
Chaux	3,52
Fer	0,52
Chlore	0,42
Eau.	0,12
	97,92

Le lapis-lazuli se présente en masses peu volumineuses, dont la densité = 2,75 à 2,95, d'un bleu d'azur très brillant, d'une texture grenue et légèrement lamelleuse. L'on y trouve, presque toujours disséminés, des grains de pyrites d'un beau jaune d'or, qui, ressortant sur le fond bleu de la pierre, font un bel effet comme objet d'ornement. Le lapis-lazuli fond au chalumeau en donnant un émail blanc ; sous l'influence des acides, il perd également sa couleur et donne de la silice gélatineuse.

On extrait l'outremer naturel employé en peinture, des échantillons de lapis-lazuli les moins beaux et les moins riches, de la manière suivante : on concasse grossièrement la pierre et on trie à la main tous les morceaux de gangue stérile que l'on rejette ; on introduit le reste dans un creuset et on le chauffe au rouge sombre, puis on l'étonne en le jetant encore rouge dans du vinaigre, où on le laisse digérer plusieurs jours pour dissoudre la chaux mécaniquement mélangée. On porphyrise alors avec soin le lapis-lazuli, et on l'incorpore avec son poids d'un mélange fondu composé de 8 parties de résine, 4 p. de cire vierge, 5 p. d'huile de lin et 3 p. de poix de Bourgogne. On lave ensuite la pâte ainsi obtenue, dans de l'eau chauffée à 32° environ, en la malaxant ; l'eau sépare une partie de l'outremer, on décante l'eau et on laisse déposer la couleur. On traite le résidu par de nouvelles quantités d'eau, et on obtient ainsi de l'outremer de moins en moins brillant ; les dernières portions sont d'un gris à peine teinté de bleu ; on les désigne sous le nom de *cendres d'outremer*. 1 kil. de lapis-lazuli, valant actuellement environ 120 à 150 fr., donne de 500 à 600 grammes d'outremer et de cendres d'outremer, ce qui porte le prix de cette couleur à un taux très élevé ; il s'est même élevé jusqu'à 1,500 fr. les 500 grammes.

La Société d'encouragement pour l'industrie nationale à laquelle Tassaert avait fait voir un morceau de lapis-lazuli découvert dans un four à soude en démolition, ayant proposé un prix de 6,000 fr. pour un procédé propre à donner de l'outremer artificiel ne coûtant pas plus de 200 fr. les 500 grammes. Le programme de ce prix avait été rédigé par Gay-Lussac. M. Guimet l'obtint, et parvint, dès 1827, à livrer au commerce un outremer artificiel d'une teinte bleue magnifique, plus riche que celle du plus bel outremer naturel.

MM. Gmelin et Robiquet ont fait également des recherches à ce sujet et ont publié leurs procédés, mais en suivant leurs prescriptions, l'outremer que l'on obtient a presque toujours une teinte verdâtre plus ou moins prononcée.

On a fabriqué en Allemagne, aux environs de Nuremberg, une grande quantité d'outremer artificiel pour les besoins du commerce. Nous allons en indiquer sommairement, d'après M. Pruckner, les procédés de fabrication (Voir, pour plus de détails, la note que nous

OUTREMER.

avons insérée dans les *Annales des mines*, 4e série, tome VI, pages 493 et suivantes).

On prend de l'argile très alumineuse, aussi exempte de fer que possible, et grossièrement concassée avec un pilon de bois, que l'on met dans des cuves rectangulaires de 2 mètres de longueur sur 1 mètre de largeur ; on l'arrose d'eau et on l'abandonne à elle-même pendant quelques jours. Elle se délite et se réduit en bouillie, que l'on purifie par lévigation et dépôt, de la même manière que dans les fabriques de porcelaine, pour en séparer le sable et les parties les plus grosses. On la conserve ensuite dans des cuves placées sous un hangar couvert, à l'état d'une pâte molle, dont on détermine rigoureusement par un essai la teneur en argile sèche, chaque fois qu'on veut s'en servir pour la préparation de l'outremer.

D'un autre côté, on prend le sulfate de soude impur, résidu de la fabrication de l'acide hydrochlorique, on le concasse en morceaux de 1 décimètre cube environ, que l'on plonge un instant dans l'eau, parce que l'expérience a prouvé que l'acide libre se dégage beaucoup plus aisément d'un sel humide que d'un sel desséché ; puis on les charge sur la sole d'un fourneau à réverbère, que l'on remplit presque jusqu'à la voûte, en disposant les morceaux de telle sorte, que la flamme puisse circuler aisément sur leurs faces. On chauffe graduellement jusqu'au rouge naissant, et jusqu'à ce que tout l'acide libre ait été expulsé. Le sel calciné est aussitôt pulvérisé au bocard à sec ou entre des meules, en grains de la grosseur de ceux de la poudre de mine, et mélangé dans un tonneau tournant sur son axe, avec du charbon et de la chaux éteinte, dans les proportions suivantes :

Sulfate de soude.	100	parties.
Charbon de bois pulvérisé.. .	33	—
Chaux éteinte à l'air. . . .	10	—

Ce mélange est introduit sur la sole d'un fourneau à réverbère et recouvert de trois à quatre centimètres de chaux éteinte, que l'on tasse dessus avec une pelle de fer. On ferme alors toutes les portes du fourneau, et dès que la masse est en pleine fusion, on la brasse vivement, en y rejetant quelques pelletées de charbon pulvérisé, puis on laisse reposer quelque temps, jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de gaz enflammés de la surface du bain. On puise alors le sulfure de sodium avec des poches, et on le verse dans des moules plats en fonte où il se solidifie.

On dissout dans l'eau bouillante le sulfure de sodium mélangé de carbonate de soude ainsi obtenu, puis on laisse clarifier la dissolution, à l'abri du contact de l'air, dans des cuves de dépôt, où elle abandonne du carbonate et un peu de sulfate de chaux, souvent un peu de sulfate de soude cristallisé, qui est calciné et retraité comme il vient d'être dit, et du charbon très divisé qui ne se dépose qu'au bout de quelques jours. Il est très important de laisser reposer le plus longtemps possible, parce que les moindres particules de charbon suffisent pour altérer le feu de l'outremer. On sature ensuite à chaud, cette dissolution décantée, avec du soufre réduit en poudre, et on la concentre par l'ébullition jusqu'à ce qu'elle renferme 25 pour 100 de bisulfure de sodium sec ; elle a alors une densité d'environ 1,30 et marque 25° à l'aréomètre de Baumé. On emploie 40 à 50 parties de soufre pour 100 parties de protosulfure de sodium fondu. Après avoir laissé la dissolution de sulfure de sodium déposer le léger excès de soufre qu'elle renferme, on la transvase dans de grandes cruches en verre, que l'on bouche avec soin, pour la préserver du contact de l'air, et pouvoir la conserver jusqu'au moment où on doit l'employer.

Les matières premières étant préparées, on procède comme suit à la fabrication de l'outremer : on évapore jusqu'à consistance sirupeuse, dans une chaudière

OUTREMER.

plate en fonte, 50 kilog. de la dissolution de sulfure de sodium ci-dessus, puis on y ajoute une quantité d'argile lavée, encore humide, correspondante à 12 kilogr. 1/2 d'argile sèche, et on mélange le tout aussi intimement que possible à l'aide d'une forte spatule en fer. Pendant que la masse se laisse encore brasser aisément, on y ajoute, par petites portions, une dissolution de 150 gr. de sulfate de fer cristallisé, complètement exempt de cuivre, et on mélange le tout avec le plus grand soin ; on peut, si l'on veut, ajouter d'abord la dissolution du sulfate de fer, puis ensuite l'argile. Aussitôt après l'addition du sulfate de fer, le mélange prend une couleur vert jaunâtre, due à la formation du sulfure de fer ; on continue à le brasser jusqu'à complète évaporation à siccité, et, après l'avoir détaché de la chaudière, on le réduit immédiatement à sec en poudre aussi ténue que possible.

Cette poudre est chargée dans des moufles de 0m,50 à 0m,60 de largeur sur 0m,30 à 0m,35 de hauteur, et 0m,80 de profondeur, placées dans des fourneaux à réverbère appropriés, de manière à former sur la sole une couche de 0,06 à 0m,08 d'épaisseur, ce qui correspond pour chaque moufle à un poids de 15 à 20 kilogr. On active progressivement le feu jusqu'à ce que toute la masse soit arrivée au rouge, et on la laisse dans cet état pendant trois quarts d'heure à une heure, en renouvelant fréquemment les surfaces et en donnant libre accès à l'air. La masse se colore successivement en brun de foie, rouge, vert et bleu. Cette opération réclame beaucoup d'attention et d'habitude ; une chaleur trop faible ne produit point d'outremer, tandis qu'une chaleur trop forte et trop longtemps prolongée en altère la beauté.

On retire alors la matière de la moufle et on l'épuise en la lavant avec de l'eau. Les eaux de lavage, qui renferment du sulfure de sodium, du sulfate et du sous-sulfate de soude, n'ont reçu jusqu'ici aucun emploi, mais on pourrait s'en servir pour préparer du sulfure de sodium. Les résidus du lavage sont égouttés dans des chausses en toile d'un tissu serré, puis desséchés à l'étuve. Leur couleur est le plus ordinairement d'un vert ou bleu noirâtre.

La masse desséchée est ensuite finement pulvérisée et passée au tamis de soie, puis calcinée de nouveau par portions de 5 à 7 kilogr., dans des moufles qui ne servent qu'à cette opération, et qui ont de 0m,45 à 0m,50 de largeur sur 0m,80 à 0m,90 de profondeur. On entretient un feu modéré, et une chaleur rouge peu intense suffit pour produire la couleur désirée. Aussitôt que la couleur bleue commence à paraître, on renouvelle constamment les surfaces avec un ringard en fer, jusqu'au moment où la couleur est devenue d'un beau bleu pur; l'opération dure de 1/2 à 3/4 d'heure. Il n'y a aucun avantage à la prolonger ou à augmenter l'intensité du feu. On retire la poudre et on la laisse refroidir, au contact de l'air, sur des plaques de granite. Il arrive souvent, mais pas toujours, que la couleur acquiert, par le refroidissement bien plus de feu et de beauté.

L'outremer est ensuite broyé sous des meules de granite, puis séparé par lévigation, en diverses sortes qui portent les numéros 0, 1, 2, 3, 4, etc... P. DEBETTE.

Le procédé suivi chez M. Guimet diffère du précédent et est à peu près celui décrit par M. Stass (voir OUTREMER *Complément*). La théorie de la fabrication de l'outremer est encore à faire; l'analyse de ce corps non cristallisé fournit peu de lumières, puisqu'on ne peut distinguer le corps colorant des substances mélangées avec lui. Le travail suivant de M. Guimet fils est propre a faire avancer la question.

Lorsque l'on suit les phases de la cuisson de l'outremer, tel que l'a préparé J.-B. Guimet et tel qu'on le prépare généralement de nos jours, on observe diverses colorations qui se succèdent l'une à l'autre dans l'ordre suivant :

Brun — vert — bleu — violet — rose — blanc.

Ces couleurs sont le résultat de l'oxydation successive du mélange primitif de kaolin, de soufre et de carbonate et sulfate de soude, destinés à préparer l'outremer. En effet, lorsque le four qui contient les creusets renfermant le mélange commence à rougir, le soufre fond et produit immédiatement avec la soude des polysulfures.

Les corps qui se forment alors présentent des colorations diverses, mais sont tellement instables en présence de l'air et de l'eau, qu'on ne peut les définir. Ils paraissent, du reste, ne devoir leur coloration qu'aux sulfures qui imprègnent la masse.

Le premier produit stable est le brun ; il apparaît au moment où, le four s'échauffant davantage, on voit sortir des creusets des flammes bleues, indice de la combustion du soufre se transformant en acide sulfureux. Lorsque les flammes ont cessé d'apparaître, cette transformation est achevée. Si l'on retire un creuset du four, il est rempli d'une matière verte.

La température étant arrivée à 700 degrés, le bleu commence à se former.

Si, à ce moment, on continue le chauffage en laissant, comme précédemment, entrer de l'air en excès, la matière prend une nuance violette, puis rouge ou plutôt rose, et enfin l'outremer devient blanc.

Cet outremer blanc, mélangé avec un peu de charbon et chauffé au rouge, reproduit, selon la quantité de charbon ajoutée, du rose, du violet, du bleu, du vert ou du brun.

On peut aussi, en prolongeant ce chauffage et par conséquent l'oxydation, faire redescendre à l'un de ces produits dérivés du blanc tous les termes de la série et transformer par exemple le brun en vert, bleu rose et blanc.

Le même fait s'observe avec un mélange de sulfate de soude, de kaolin et de charbon, qui se comporte comme l'outremer blanc mélangé de charbon.

En remplaçant le charbon par l'hydrogène, le sel ammoniac ou tout autre corps réducteur, on obtient les mêmes résultats.

Ces faits semblent bien indiquer que la marche de la coloration suit celle de l'oxydation. On en trouve la preuve dans l'examen des produits dans les différentes périodes du chauffage.

Caractères des outremers. Ces couleurs, au sortir du creuset, contiennent une partie insoluble, qui est la matière colorante, et une partie soluble, qui comprend les produits éliminés de la combinaison.

Production de la matière colorante. Examinons maintenant comment s'opère le passage d'une couleur à l'autre.

La transformation du brun en vert n'a pas encore pu être étudiée suffisamment par des méthodes de laboratoire : nous ne pouvons donc pas en parler ici.

Transformation du vert en bleu. Dans l'état actuel de la science, on peut dire que tous les travaux faits pour établir une différence dans la composition élémentaire entre le vert et le bleu obtenu par le grillage de ce vert, n'ont abouti à prouver, sous ce rapport, l'identité absolue de ces deux produits.

Il n'existe pas 1/100 de différence dans la proportion des éléments qui constituent ces deux corps. Or, l'oxygène n'a pas été dosé : le changement de couleur ne peut donc provenir que d'un changement d'état des composés sulfurés, changement produit sous l'influence de l'oxygène.

Transformation du bleu en rose. Il y a, dans ce cas, une véritable différence entre ces deux corps.

Par l'examen des eaux de lavage, on reconnaît que de l'alumine a été rendue soluble. Les analyses démontrent que les proportions de soufre et de soude n'ont pas changé sensiblement.

Nous nous trouvons donc en présence d'un outremer contenant une plus grande quantité de silice, et l'on a souvent attribué la coloration rose à un excès de silice.

Il n'en est rien. Si l'on prend, en effet, de l'outremer rose débarrassé par un lavage soigné de toute l'alumine éliminée pendant la transformation du bleu en rose, cet outremer qui contient un excès de silice chauffé avec du charbon, se transforme en un outremer bleu qui contient la même quantité de silice et d'alumine que l'outremer rose avant cette transformation.

C'est donc par une oxydation que la couleur rose est obtenue, et l'on vérifie ainsi les conséquences que faisaient prévoir les caractères chimiques de ce produit (absence de dégagement d'hydrogène sulfuré lors du traitement par les acides, etc.).

Nous supposons que c'est l'acide sulfurique dont la production succède à l'acide sulfureux pendant la réaction, qui désagrège le produit en formant un sulfate d'alumine soluble : c'est aussi cet acide qui favoriserait la formation du rose.

D'après les caractères indiqués par ces différentes couleurs, nous pouvons définir ainsi les outremers : « Les outremers sont des produits insolubles composés de silice, d'alumine, de soude, de soufre et d'oxygène ; traités par les acides étendus, ils se décolorent, et cette décoloration est accompagnée d'un dépôt de soufre et du dégagement d'un composé acide du soufre.

Du rôle de chacun des constituants de l'outremer.

Oxygène. Nous lui attribuons, d'après les expériences ci-dessus, la production de la couleur, et, il paraît aujourd'hui démontré qu'en son absence les sulfures ne peuvent former d'outremers ; il faut la présence d'hyposulfites pour la production d'une couleur stable.

Soufre. Avec les mêmes proportions des autres constituants, peu de soufre donne un bleu clair, et plus la dose est augmentée, plus le bleu devient foncé. Toutefois, lorsque l'on est arrivé à une certaine nuance qui dépend des proportions des autres corps dans le mélange, tout l'excès de soufre que l'on pourrait introduire serait éliminé, soit par volatilisation, soit à l'état de sulfate de soude.

Soude. La proportion de soude est toujours la même dans les outremers : elle est de 20 pour 100 environ ; tout excès de soude que l'on voudrait faire entrer dans le mélange primitif, disparaîtrait toujours à l'état de sulfate de soude, grâce à l'excès de soufre que l'on est obligé d'introduire dans la masse pour parer aux pertes occasionnées par la volatilisation de ce produit.

Silice. Sa proportion est sensiblement constante dans les outremers, 37 à 38 pour 100 environ ; son rôle n'a jamais pu être défini complètement.

Alumine. C'est de la quantité d'alumine contenue dans le mélange primitif, que dépend la nuance du bleu. Quand la proportion d'alumine diminue, celle du soufre augmente de la même quantité, tandis que les proportions respectives de la silice et de la soude ne changent pas.

On a cru jusqu'à présent devoir caractériser les outremers clairs ou bleus purs et les outremers foncés ou rosés par la dénomination d'outremers pauvres en silice, et riches en silice.

Le fait est que ces outremers contiennent tous la même proportion de silice ; seulement, pour les préparer, on emploie des kaolins plus ou moins silicieux : c'est ce qui a donné lieu à cette dénomination erronée. Si l'on examine, en effet, la composition d'un outremer clair comparée à celle d'un outremer foncé, on verra que sur 100 parties de ce corps, la silice et la soude sont représentées par le même chiffre. L'outremer clair contient 8 pour 100 de soufre, et l'outremer foncé en contiendra 13 pour 100, et dans l'outremer clair, il y a cinq parties d'alumine en plus que dans l'outremer foncé. Une variation dans la quantité d'alumine est suivie par une variation en sens inverse dans la quantité de soufre combiné.

En sorte que, en se servant de kaolins de compositions différentes, on peut faire varier la nuance du produit obtenu, depuis le bleu pâle à nuance de lapis, jusqu'au bleu foncé à nuance violette.

En résumé, la soude et la silice restant sensiblement en quantité constante dans les outremers, la quantité de soufre combiné peut varier environ du simple au double, tandis que la quantité d'alumine, contenue à l'état de combinaison dans le produit, varie dans la proportion de 1/6 environ.

Les outremers, ainsi obtenus, présentent au microscope une texture cristalline et un aspect parfaitement homogène ; il faut donc croire que la proportion de soufre et d'alumine peut varier dans les limites ci-dessus sans que l'outremer cesse d'être un corps parfaitement défini, et c'est ce qui aurait jusqu'à présent empêché l'analyse d'assigner à l'outremer une formule chimique invariable. Il fallait donc chercher d'autres procédés que l'analyse pour étudier avec plus de précision le rôle des corps qui constituent l'outremer. C'est pour cela que l'on a fait au laboratoire de l'usine de Fleurieux des expériences de substitution qui ont abouti aux résultats suivants.

On a, dans le mélange primitif, substitué au soufre, équivalent à équivalent, le sélénium d'abord et le tellure ensuite et l'on a produit les couleurs dont nous donnons le tableau ci-après, en même temps que celui des outremers au soufre qui leur correspondent.

Outremers au soufre : — Brun. — Vert. — Bleu. — Violet. — Rose. — Blanc.

Outremers au sélénium : — Brun. — Rouge poupré. — Rose. — Blanc.

Outremers au tellure : — Jaune. — Vert. — Gris. — Blanc.

Ces corps présentent les mêmes réactions que les outremers au soufre. Comme eux, ils sont décomposés par les acides étendus avec dépôt de sélénium ou tellure, et dégagement d'un gaz sélénifère ou tellurifère.

On peut aussi, en chauffant avec du charbon un des composés de cette série, reproduire tous les autres composés supérieurs.

Depuis longtemps la soude avait été remplacée par la potasse dans la préparation de l'outremer, et l'on avait reconnu que le produit blanc ainsi obtenu, présentait tous les caractères de l'outremer.

Les bases alcalines et terreuses, comme la chaux, la baryte, la magnésie, la lithine, etc., substituées équivalent à équivalent à la soude, donnent toutes des corps présentant les mêmes réactions que les outremers (décomposition par les acides, dépôt de soufre et dégagement d'acide sulfhydrique ou sulfureux). Ces combinaisons sont incolores, excepté celles que donne la baryte. Ce dernier outremer, en général, affecte une nuance grise ; mais, dans certaines circonstances, il paraît être jaune. Toutefois, nous avons obtenu si peu de cet outremer jaune, qu'il nous a été impossible de le caractériser.

On s'est arrêté, dans ces expériences de substitution, aux métaux dont les sulfures sont insolubles ; car, le lavage ne pouvant les éliminer, on ne peut savoir facilement si l'on est en présence d'un outremer ou d'un silicate mélangé de sulfures insolubles et pouvant alors présenter les réactions des outremers.

Nous avons essayé de substituer l'oxyde de chrome à l'alumine, mais cet oxyde agissant comme fondant, à 700 degrés, température nécessaire à la production de l'outremer, la masse s'est fondue, et par suite n'a pas pu offrir les propriétés physiques des outremers.

D'après ces études, on voit que le soufre uni à l'oxygène produit la coloration, puisque, lorsqu'il est remplacé par les corps de sa famille, l'outremer change de couleur.

La soude, si elle ne produit pas directement la coloration, est pourtant nécessaire, puisque les autres corps qu'on lui substitue dans l'outremer, empêchent la coloration de se produire.

Enfin, l'outremer n'est pas un corps unique : il existe toute une série d'outremers, les uns colorés (outremers au soufre, au sélénium et au tellure); les autres incolores (outremers à la chaux, à la potasse, à la lithine, etc.), et l'étude de ces corps pourra peut-être jeter un jour nouveau sur la composition chimique de l'outremer.

Nous avons cru devoir publier dès à présent ces résultats, déduits de l'examen impartial des nombreuses expériences exécutées à l'usine de Fleurieux et des analyses fournies par des savants français et étrangers qui se sont occupés de l'outremer.

On voit que le champ des explorations théoriques est encore assez vaste, et il eût peut-être mieux valu attendre de pouvoir offrir des formules positives.

Mais, comme l'attention du monde savant est depuis quelque temps attirée sur ces questions, il est important de revendiquer pour J. B. Guimet l'honneur de la découverte de la série des outremers au soufre, qu'il avait préparés et étudiés longtemps avant que personne fût même parvenu à produire industriellement l'outremer bleu.

Nous tenions aussi à signaler les importants travaux des chimistes qui nous secondent dans nos recherches.

Je citerai particulièrement le directeur de l'usine de Fleurieux, M. Th. Morel, qui a trouvé les outremers au sélénium et au tellure, et M. J.-F. Plicque qui parle ainsi de ses expériences relatives à la formation de l'outremer artificiel : « La matière que j'ai employée pour mes expériences, renfermait 60,86 pour 100 de silico-aluminate de soude dans lequel les rapports de l'oxygène sont 6, 3, 1. Ce composé contenait de plus 18,01 de soude et 20,75 d'eau. J'ai fait réagir sur cette molécule ($3\,Si\,O^2$, $Al^2\,O^3$, NaO) l'hydrogène sulfuré et l'acide sulfureux à la température du rouge sombre, environ 750 degrés. J'ai pu tirer de ces expériences les conclusions suivantes :

1° Contrairement aux assertions de quelques auteurs allemands, l'outremer ne contient pas d'azote ; 2° l'outremer bleu proprement dit est formé par un composé oxygéné de soufre, et il est probable que ce composé est fixé, et sur le sodium et sur l'aluminium. En remplaçant l'hydrogène sulfuré par l'hydrogène sélénié, et l'acide sulfureux par l'acide sélénieux, j'ai obtenu un produit rouge, analogue au bleu.

La tellure que nous avons essayé en 1875, à l'usine de Fleurieux-sur-Saône, dans des mélanges convenables de kaolin et de carbonate de soude, nous a donné un produit jaune. »

OUVRIER (*angl.* Wockmann, *all.* Arbeiter). L'ouvrier est le soldat de l'armée industrielle, dont sortent les sous-officiers, beaucoup d'officiers et souvent les meilleurs généraux, les hommes de génie qui, comme Stephenson, font faire à la civilisation ses plus grands progrès.

L'énergie, la discipline, le savoir des soldats est dans toute armée le grand facteur de la victoire, et il en est de même dans l'industrie.

Nous avons traité des conditions de prospérité pour le travailleur et la société, dans le travail sur l'*Économie industrielle;* nous reviendrons ici sur le point capital plus spécialement de notre ressort, celui du savoir de l'ouvrier ou plutôt de son éducation technique, base des connaissances qu'il acquiert, ce qui nous permettra de préciser davantage la solution indiquée par le travail que nous venons de rappeler.

C'est dans le compte rendu d'un Congrès tenu au Trocadéro pendant l'Exposition de 1878, que nous puiserons des éléments démontrant clairement la voie à suivre.

De l'apprentissage et des écoles professionnelles. — Nous avons établi, par plusieurs citations, dans l'ÉCONOMIE INDUSTRIELLE, que l'apprentissage était absolument en décadence en France. Voici en quels termes l'a confirmé au congrès, M. TOLAIN, sénateur, ancien ciseleur :

« Aujourd'hui, avec la création de spécialités toujours plus nombreuses et alors que chaque industrie se subdivise de plus en plus, il est tout naturel que l'atelier ne crée plus un artisan comme on l'entendait dans l'ancien sens du mot, c'est-à-dire un ouvrier qui, dans sa profession était capable de faire un produit entier et fini, qui en connaissait toutes les façons et pouvait le livrer à la consommation. Tant que le travail a été fait par la main, l'ouvrier était un ouvrier complet. A mesure que l'outillage mécanique et perfectionné s'est introduit dans l'industrie, le travail s'est divisé et il s'est produit une tendance générale qui fait que l'ouvrier est devenu, pour ainsi dire, le prolongement d'une machine. L'apprentissage, aujourd'hui, même dans les arts industriels, à de très rares exceptions près, ne fait plus un ouvrier. C'est à peine si après trois ou quatre ans d'apprentissage, l'enfant a gagné ce qu'on appelle la gymnastique de la main. J'en parle en connaissance de cause; j'ai fait mon apprentissage dans une des grandes industries parisiennes, l'industrie du bronze, et je sais fort bien qu'en sortant d'apprentissage, au bout de quatre ans, j'avais à peine le maniement des outils. Un patron qui ne fabrique qu'une spécialité, qui ne donne qu'une façon à la matière ou qui ne fabrique qu'un objet d'une consommation vulgaire et courante, ne peut pas rendre au bout de quatre ans un enfant instruit. »

Vu l'infériorité de l'apprentissage, de nos jours, relativement à ce qu'il était autrefois, on a proposé la création d'écoles professionnelles. Voici ce que disait d'un premier projet M. Migneret, conseiller d'État :

« Pour y remédier, on a tenté beaucoup d'essais; on étudie même en ce moment une loi qui, organisant l'enseignement technique, doterait chaque profession d'une école professionnelle où l'enfant apprendrait un art, un métier, et pourrait ainsi entrer comme ouvrier formé dans la vie industrielle.

« Des institutions existent même et s'efforcent de réaliser ce problème.

« Le succès de cette entreprise est mis en doute par beaucoup de personnes, qui soutiennent que sans le travail de l'atelier on ne formera jamais un ouvrier pratique et se suffisant à lui-même. On ajoute, au point de vue moral, que les écoles professionnelles ou autres tiennent trop longtemps l'enfant dans une tutelle d'esprit qui arrête le développement de sa conscience personnelle, qu'il s'y habitue trop à vivre sous l'œil d'un maître, ne se dirige point par lui-même et arrive dans la vie mal préparé à la liberté et à l'absence de direction que comporte le monde. Oiseau nourri en cage, il lui manque l'aptitude pour vivre sans être étourdi dans l'air et dans l'espace qui s'ouvre devant lui; il ne sait ni se diriger ni se nourrir.

« On peut me répondre que c'est là l'opinion d'un théoricien, dit M. Nusse, rapporteur du Congrès; veut-on l'opinion d'un homme de pratique? Je vais vous donner celle de M. le secrétaire de la Société de patronage des Enfants de l'ébénisterie. Vous savez qu'à la suite de la création de l'école de la Villette, il avait été question d'établir une école semblable dans le faubourg Saint-Antoine. Il semble que c'est l'endroit de Paris où elle eût été le mieux placée, eh bien! voici ce qu'en dit M. le secrétaire de la Société de patronage des Enfants de l'ébénisterie :

« Permettez-moi de vous faire remarquer combien nous sommes, en France, enclins à réclamer l'assistance

de l'État, tout en protestant contre l'ingérence officielle dans des questions qui semblent, en effet, ressortir de l'initiative privée.

« Le Conseil municipal est, je n'en doute pas, animé des meilleures intentions, mais il ferait fausse route s'il voulait prendre en main la direction de telle ou telle industrie. Un conservatoire industriel est, certes, d'un bel effet sur le papier, mais c'est aussi le moyen le plus certain d'étouffer l'émulation, et nos manufactures nationales, si utiles pour maintenir les traditions professionnelles, n'apportent aucun profit à l'industrie en général.

« Les apprentis des écoles professionnelles sont-ils placés dans les conditions de l'apprenti privé? Évidemment non. Les professeurs, dégagés du souci de la production, rechercheront-ils les méthodes qui doivent leur permettre d'affronter la concurrence? Ne s'attarderont-ils pas dans les théories, et l'élève qu'ils auront formé pour faire un bon contre-maître ne sera-t-il pas un médiocre ouvrier? C'est l'éducation professionnelle privée, secondée par des écoles industrielles, qui seule peut faire de bons onvriers. Il y a plus, nous croyons que ce ne sont pas les plus grandes maisons qui forment les meilleurs apprentis. Le *petit patron*, le *façonnier* même, s'occupant plus *directement de leur élève*, et poussés *un peu par amour-propre de métier*, beaucoup par la *nécessité de produire*, obtiendront de bien meilleurs résultats. »

M. Tolain, reprenant la défense des écoles professionnelles, s'est exprimé ainsi:

« Quand un enfant de dix, de onze ou de douze ans aura été habitué, depuis plusieurs années, à manier les outils dans les écoles primaires; lorsqu'il aura, par un mouvement de rotation, pu déterminer quelles sont ses aptitudes, si cet enfant est envoyé dans une école professionnelle, organisée comme celle de la Villette, je dis qu'en deux ou trois ans, au maximum, il sortira de là non pas un ouvrier faible, mais un ouvrier dix fois plus capable que les trois quarts de ceux qui ont fait leur apprentissage dans les ateliers de l'industrie privée.

« Sans doute, si vous le placez dans telle ou telle spécialité, il aura besoin de deux ou trois mois pour acquérir l'habileté de la main. A ce point de vue, son concurrent, rompu à ce mouvement machinal, pourra lui en remontrer, mais soyez persuadés que cette dextérité de la main, il l'acquerra dans l'espace de deux ou trois mois, comme je le disais tout à l'heure.

« Il aura, de plus que l'ouvrier qui s'est formé dans l'atelier de l'industrie privée et qui n'y aura reçu aucune instruction théorique, il aura, lui, une forte instruction théorique, qui développera constamment son esprit inventif, au point de vue des recherches et du perfectionnement.

« Or, cet esprit, vous ne l'avez plus dans la plupart des ouvriers français de nos jours. Je n'ai qu'à m'adresser à la plupart d'entre eux. J'entends presque tous les jours leurs plaintes. Il n'y a pas aujourd'hui de fabricant parisien produisant des objets un peu artistiques, qui ne se plaigne de voir disparaître les bons ouvriers. Le nombre en diminue; cela est fatal.

« C'est justement cette situation qui a fait descendre le niveau industriel, qui ira en s'augmentant si on n'y porte un prompt et sûr remède.

« On vous dit: L'expérience du passé montre que votre pratique vous a donné de bons ouvriers, continuez.

« Je vous réponds: Oui, si l'industrie était restée dans la même situation. Mais nous avons tout modifié, tout transformé. Et sous peine de décadence industrielle, je dis que nous sommes obligés de transformer aussi, en nous élevant, nos travailleurs et nos ouvriers. »

Nous citerons maintenant deux dépositions intéressantes, où l'esprit général de la discussion se trouve résumé.

« M. N. Appleton (de Boston). Comme délégué des États-Unis, je vous donnerai, Messieurs, un renseignement qui aura peut-être son intérêt. Vous savez que chez nous la question du travail et du capital est bien différente de ce qu'elle est dans les autres pays, à cause de la grande étendue de notre territoire et *parce que les ouvriers qui sont nés en Amérique ne pensent jamais à rester ouvriers toute leur vie, mais bien à devenir patrons et souvent millionnaires.* Cependant il n'y a personne chez nous qui hérite de grandes fortunes. La fortune est partagée entre tous les enfants, qui bien souvent la perdent; et tel qui se trouvait très riche à cinquante ans est obligé de travailler à cinquante-cinq. Aussi, dans notre éducation, il faut non seulement beaucoup de hautes connaissances, mais encore la simple pratique de l'ouvrier. C'est pour cela que nous avons à Boston une institution qui s'appelle l'institut technologique, où l'on est initié à la connaissance de l'architecture, des mines et autres sciences. A côté, il y a une espèce de hangar où l'on a appliqué le système russe dont il a été parlé, et où les gens même les plus riches, après avoir fait les études des hautes sciences, viennent travailler comme de simples ouvriers. Et cela est très utile, car chez nous la principale ambition des jeunes gens est, non pas de travailler dans les petits commerces des villes, mais d'aller dans l'Ouest exploiter les fermes, les mines, d'entrer dans le service des chemins de fer; et alors, comme on est assez éloigné de toute civilisation, on est souvent forcé d'être ouvrier soi-même, quelque science supérieure qu'on puisse posséder.

« Je désire donc appuyer les vœux proposés au Congrès en faveur de toute espèce d'éducation professionnelle se rattachant. non seulement à la haute science, mais aussi à tous les métiers de l'ouvrier. (Approbation.) »

« M. Dubail. A mon avis, il n'y a pas d'antagonisme entre l'apprentissage et les écoles professionnelles. Celles-ci, loin de détruire et remplacer l'apprentissage, ne feront que le compléter. L'apprentissage est une nécessité pour la masse des jeunes gens, qui doivent vivre d'un état manuel. Il est une nécessité pour l'industrie qui ne peut pas se passer d'apprentis, pour l'ouvrier qui, dans la fabrique parisienne notamment, a besoin d'avoir incessamment sous la main et à ses ordres un apprenti ; outil intelligent à son service.

« Enfin, c'est une nécessité pour les familles, et c'est là le point de vue qui a été un peu oublié dans la discussion. Cela est surtout vrai pour les grandes villes, où bon nombre d'états sont exercés par une population nombreuse. Dans les départements, l'apprentissage observe encore les conditions anciennes. Vous y trouvez toujours les mêmes rapports entre les apprentis et les patrons des petites et moyennes industries.

« Mais il y a, pour les familles qui habitent Paris et qui ont de nombreux enfants, une nécessité inéluctable : c'est d'utiliser leurs enfants dès que l'âge et les forces de ceux-ci le leur permettent. Ils les placent donc en apprentissage, souvent trop tôt, mais par besoin. La première année, l'apprenti encore presque enfant fait des courses, des commissions, ce qui n'est pas du temps perdu, croyez-le bien ; car il s'initie à la connaissance de tous les éléments de sa profession beaucoup mieux que si on l'attachait tout le jour soit à un étau, soit à une cheville de bijoutier. Il connaît les sources multiples jusqu'à l'infini des approvisionnements en matière et en instruments de travail, que comporte la fabrication de ces milliers d'articles qui défrayent l'industrie des villes.

« Enfin cette succession d'exercices développe les forces physiques de l'enfant, en même temps que son intelligence, et il devient promptement plus robuste et plus avisé.

« En échange de ces précieux services rendus au

OUVRIER.

maître et aux ouvriers, il obtient en général, de son maître le logement et la nourriture, et quelques gratifications. Autrefois, c'était la règle ; aujourd'hui, malheureusement, cette règle tend à disparaître ; mais elle est remplacée par un petit salaire. L'apprenti rapporte chez lui 50 centimes, 75 centimes, un franc par jour, et il contribue par là à l'entretien de la maison maternelle. Ce régime peut et doit être amélioré surtout en ce qui concerne la fréquentation des écoles ; peut-il être changé radicalement? Je ne le pense pas.

« J'ai dit que l'école professionnelle complète l'apprentissage. Voici comment : Tandis que l'apprentissage ordinaire dans les ateliers manque aujourd'hui d'enseignement théorique, comme aussi de surveillance et surtout de protection, l'école professionnelle bien organisée, munie d'outillages et de maîtres professeurs, offre à son élève une étude plus suivie et mieux raisonnée de l'état qu'il y apprend. De plus elle achève son instruction générale par des leçons sérieuses de français, de calcul, de géographie, de dessin et même de langue étrangère.

« L'apprenti, après deux ou trois ans de séjour, sait à peu près tout ce qu'il doit savoir pour devenir un ouvrier d'élite, tels que sont ou doivent être les jeunes gens qui sortent des écoles dites d'arts et métiers, ou de l'école fondée sur le boulevard de la Villette par la ville de Paris.

« L'expérience pour les écoles de garçons est trop jeune encore pour avoir produit des fruits appréciables; mais on peut affirmer que les écoles professionnelles de jeunes filles, établies depuis plus de temps à Paris, ont donné d'excellents résultats. Des élèves qui les quittent après trois ou quatre ans d'études satisfaisantes, trouvent des travaux ou des emplois très avantageux, comme fleuristes, monteuses de plumes, lingères, couturières, dessinateurs, graveurs, peintres pour l'industrie, comptables, etc.

« Malheureusement cet apprentissage supérieur coûte cher et rapporte peu pendant sa durée. Il faut le payer 10, 15 et même 20 francs par mois ; car les locaux nécessaires sont d'un prix élevé ; le personnel enseignant plus encore. Sans doute il y a des bourses alimentées par des particuliers, ou par les municipalités ; les produits se vendent peu, il est vrai, et après prélèvement d'une part au profit des élèves et des maîtresses ; mais en somme l'enseignement professionnel sérieux est coûteux également pour l'école et pour l'élève.

« On ne peut donc pas multiplier beaucoup ces établissements par l'initiative privée. Ne pouvant s'adresser qu'au petit nombre, il faut que ces institutions soient des modèles pour l'apprentissage et l'éducation, et qu'elles forment des ouvriers et des ouvrières d'élite, qui, pour la fabrique de Paris, par exemple, entretiennent et relèvent le goût artistique de ses produits et y introduisent tous les perfectionnements possibles. »

En résumé, le Congrès a voté la délibération suivante :

« Le Congrès,

« *Considérant que l'école professionnelle doit fournir des travailleurs immédiatement aptes à produire d'une manière industrielle et utile,*

« *Émet le vœu que les écoles professionnelles d'apprentissage complètent l'enseignement primaire, développent l'étude du dessin industriel, possèdent des cours de technologie, et fassent exécuter les travaux manuels des élèves dans les conditions pratiques, sous l'inspiration d'un conseil de perfectionnement des études industrielles, composé de patrons et d'ouvriers.* »

C'est l'adjonction de la dernière phrase qui a entraîné le vote, et celle-ci n'était que la consécration d'un excellent rapport sur les écoles d'apprentissage fait par M. Liébaut à la chambre syndicale des mécaniciens, inspiré par le sentiment vrai de la reconstitution de la famille industrielle, en dehors de laquelle rien de sérieusement utile n'est possible.

Nous terminerons par ce rapport.

« Messieurs, tous les bons esprits déplorent les conditions dans lesquelles se fait l'instruction et surtout l'éducation des ouvriers.

« A l'âge où la force et la raison commencent à naître, l'enfant est trop souvent soumis à une sorte de domesticité et à des travaux aussi insignifiants que pénibles. Cet état d'abaissement est d'autant plus regrettable qu'il faudrait, au contraire, relever autant que possible l'enfant à ses propres yeux, lui montrer la dignité du travail et lui faire aimer son métier. Trop heureux, est-on, si les exemples funestes et les mauvais conseils ne plongent pas pour toujours l'apprenti dans la corruption.

« Chacun connaît les tristes fruits de l'apprentissage à l'atelier ; au point de vue de l'éducation, il produit trop souvent la paresse, la haine irréfléchie et presque toujours injuste du patron, du contre-maître et de tout ce qui commande et a droit à l'obéissance, les funestes habitudes de l'ivrognerie et de la débauche ; au point de vue de l'instruction professionnelle, l'apprentissage manque complètement de méthode et ne procède que par esprit de servile imitation et de routine.

« Il est incontestable qu'on ne peut s'attendre à des progrès réels dans l'art du dessin, de la musique, du chant, que si les études préliminaires en sont faites d'une manière systématique et graduée, c'est-à-dire lorsque les élèves ont été enseignés d'après un plan méthodiquement suivi, et sont arrivés à vaincre progressivement les difficultés que présente chaque étude élémentaire. Depuis fort longtemps déjà, ces arts ont été professés par des hommes éclairés, qui ont aussi consacré leur talent et le résultat de leurs observations au perfectionnement des méthodes d'enseignement.

« Il devrait en être absolument de même pour les arts manuels, bien que, pour ces derniers, les méthodes d'enseignement soient bien plus récentes et que peu de personnes aient eu le courage de les étudier et d'en faire un corps de doctrine. Cependant, il existe déjà des progrès importants dans cette voie. Nous en citerons un exemple, à cause de l'éclatant succès qu'il a eu à l'Exposition. C'est la méthode employé à l'*École technique de Moscou*, sous la direction éclairée de M. Della-Vos. Voici ce que dit M. de Cuyper, en terminant le récit de sa visite à l'*École de Moscou*.

« Les écoles techniques ont déjà rendu des services « signalés, et elles sont appelées à en rendre plus en« core, lorsque la diffusion de l'enseignement primaire « permettra de faire pénétrer dans la classe ouvrière « les notions de science et de dessin qui peuvent lui « être utiles. L'instruction est la source féconde de la « richesse publique ; elle doit s'appuyer sur une science « forte, grande et raisonnée ; mais en demandant à « cette science des services réels, l'État doit chercher « à la rendre populaire. Chargé de maintenir l'équilibre « entre toutes les professions qui concourent à la pros« périté générale, il a le devoir de procurer à chacun « tout ce qui lui est nécessaire. En s'acquittant de ce « devoir, à l'égard du peuple, en plaçant les écoles qui « lui sont destinées au rang des plus précieuses insti« tutions nationales, il assurera le développement des « facultés morales par la culture des facultés intellec« tuelles. Dans cette œuvre civilisatrice, le talent fait « plus que les faveurs de la nature et, sous les frimas « des pôles, la persévérance de l'esprit humain est aussi « féconde que dans les contrées où le soleil répand gé« néreusement la chaleur et la lumière. »

« C'est parce que nous sommes bien pénétrés de ces pensées que nous venons vous proposer, Messieurs, d'apporter à la cause des écoles d'apprentissage le concours de votre autorité. Nous savons bien que de grands

établissements ont organisé, pour eux-mêmes, des écoles de ce genre qui rendent d'immenses services d'abord à leurs promoteurs et ensuite à l'industrie universelle. Mais à côté de ces grands établissements, il y a de nombreux ateliers, moins importants, dont l'ensemble emploie cependant l'immense majorité des ouvriers; il est impossible à ces ateliers, moyens et petits, d'établir des écoles d'apprentissage particulières, il leur est également bien difficile de se réunir pour créer des écoles collectives : il nous paraît donc extrêmement désirable que l'État ou les municipalités se chargent de ce soin ; seulement il faudrait que chacune de ces écoles fût pourvue d'un conseil de perfectionnement dont les membres seraient choisis parmi les industriels les plus recommandables dans chaque spécialité.

« Ce conseil de perfectionnement, que nous appellerions volontiers *Conseil de famille*, aurait des attributions bien définies, qui sont indiquées dans le projet de vœu suivant :

« Considérant que les grands établissements in-
« dustriels peuvent seuls organiser, pour eux-mêmes,
« des écoles d'apprentissage ; qu'en dehors de ces
« grands établissements, il existe un nombre considé-
« rable d'ateliers moins importants, dont l'ensemble
« occupe l'immense majorité des ouvriers, et qu'il est
« difficile, sinon impossible, à ces établissements de
« moyenne et de petite importance, de se grouper pour
« créer des écoles collectives ;

« Considérant que l'enseignement donné dans les
« écoles d'apprentissage doit être essentiellement pra-
« tique, et que l'élève doit être bien convaincu que la
« pièce à laquelle il travaille servira utilement ;

« Considérant en outre les progrès accomplis dans
« cet ordre d'idées par divers pays, progrès que l'Expo
« sition de 1878 a mis en lumière ;

« Le Congrès estime que le Gouvernement et les
« municipalités doivent organiser le plus grand nombre
« possible de ces écoles d'apprentissage ; mais à la con-
« dition formelle que chacune de ces écoles soit
« pourvue d'un conseil de perfectionnement composé
« de membre choisis parmi les industriels les plus re-
« commandables et les plus compétents, dans chaque
« spécialité. Ce conseil de perfectionnement, véritable
« conseil de famille de l'école, aurait pour mission :

« 1° D'indiquer la meilleure direction à donner aux
« travaux des élèves ;

« 2° De recommander à l'autorité compétente la no-
« mination des professeurs ou des ouvriers instructeurs
« les plus dignes de remplir cette tâche difficile ;

« 3° De choisir les outils et les machines les plus
« utiles à l'école-atelier ;

« 4° De recruter les élèves parmi les enfants d'ou-
« vriers ;

« 5° De placer les élèves à leur sortie ;

« 6° De procurer à l'atelier du travail utile, afin
« d'éviter l'inconvénient dans lequel on tombe quand
« on fait exécuter par les élèves des travaux insigni-
« fiants. »

OXALATES. Les oxalates sont les sels formés par l'acide oxalique. Lorsqu'on les calcine en vase clos, ils se décomposent et donnent des carbonates, si les bases sont fortes, des oxydes, si elles sont faibles ; et même les oxydes sont ramenés à l'état métallique, s'ils sont facilement réductibles : il n'y a jamais de résidu charbonneux. Chauffés avec l'acide sulfurique concentré, ils dégagent des volumes égaux d'oxyde de carbone et d'acide carbonique. Avec les sels de chaux, ils donnent un précipité blanc.

Le *bioxalate de potasse* est peu soluble dans l'eau. Si on neutralise la dissolution par la potasse, on obtient l'*oxalate neutre de potasse*, qui est beaucoup plus soluble ; si, au contraire, on ajoute un excès d'acide oxalique, on obtient le *quadroxalate de potasse* moins soluble que les deux précédents. Le bioxalate, plus connu sous le nom de *sel d'oseille*, se trouve tout formé dans plusieurs végétaux, et en particulier dans l'oseille, d'où on le retire en pilant la plante, en extrayant le jus, lui faisant jeter un bouillon pour le clarifier (1), filtrant à travers une toile, évaporant jusqu'à pellicule, laissant ensuite cristalliser dans des terrines, et purifiant les cristaux obtenus en les redissolvant et les faisant cristalliser de nouveau. On prépare directement en France la plus grande partie de ce sel, en neutralisant une certaine quantité d'acide oxalique par une dissolution de potasse, ajoutant une quantité égale d'acide oxalique et faisant cristalliser. Le sel d'oseille est très employé pour enlever les taches d'encre. On s'en sert pour faire la *limonade sèche*, qui n'est autre chose qu'un mélange de ce sel avec du sucre en poudre et quelques gouttes d'essence de citron. Les *pastilles contre la soif* se font en ajoutant au mélange précédent du mucilage de gomme adragante, de manière à en faire une pâte qu'on divise en pastilles au moyen d'un emporte-pièce.

Le *bioxalate de soude*, qui peut remplacer le précédent, se trouve dans quelques végétaux marins ; on peut aussi le préparer directement.

L'*oxalate d'ammoniaque* se prépare directement, en saturant l'acide oxalique par de l'ammoniaque, évaporant jusqu'à pellicule et faisant cristalliser ; il est très employé dans les laboratoires pour séparer la chaux dans les analyses chimiques.

ACIDE OXALIQUE (*angl.* oxalic acid, *all.* kleesaüre). Cet acide se décompose par la chaleur, ou, lorsqu'on le chauffe avec de l'acide sulfurique, en volumes égaux d'oxyde de carbone et d'acide carbonique sans résidu, il précipite les sels de chaux en blanc. Il forme des sels anhydres, d'où l'on tire pour sa composition :

Carbone.	33,77	$C^2 O^3$
Oxygène.	66,23	

Mais isolé, à l'état libre, il renferme toujours au moins, lorsqu'il est desséché, 1 équivalent ou 19,90 pour 100 d'eau, et cristallisé, 3 équivalents ou 42,70 pour 100 d'eau.

On retire cet acide du sel d'oseille ou bioxalate de potasse, en le précipitant par l'acétate de plomb. On décompose l'oxalate de plomb obtenu par l'hydrogène sulfuré ou par l'acide sulfurique, en faisant digérer la liqueur, dans ce dernier cas, avec de l'oxalate de baryte pour se débarrasser de l'excès d'acide sulfurique.

Le sucre, l'amidon, le ligneux, et, en un mot, la plupart des matières organiques, se transforment en acide oxalique, quand on les traite par une quantité convenable d'acide nitrique. C'est maintenant ainsi qu'on le prépare presque toujours pour les besoins du commerce. En général, on préfère le sucre, quand on veut l'obtenir pur avec facilité. Avec 3 parties de sucre et 30 parties d'acide nitrique à 1,42 de densité, on peut produire une partie d'acide oxalique. Il faut chauffer d'abord avec ménagement, puis faire bouillir le mélange, et évaporer la liqueur jusqu'à consistance presque sirupeuse. Le dégagement de gaz acide carbonique et de vapeurs nitreuses est très abondant ; celles-ci peuvent être employées pour la conversion du soufre en acide sulfurique. Les cristaux que l'on obtient doivent être égouttés et soumis à une nouvelle cristallisation.

L'acide oxalique est employé comme mordant dans la fabrication des toiles peintes, ainsi que pour enlever les taches d'encre et de rouille (voy. OXALIQUE, *Complément* la fabrication industrielle de l'acide oxalique avec la sciure de bois).

---

1. On facilite cette clarification en ajoutant du blanc d'œuf ou même du noir animal.

OXYDATION. Voyez ÉTAMAGE.

OXYDES. Nom générique des combinaisons binaires de l'oxygène avec les autres corps simples. Les oxydes de tous les métaux, dont nous nous occuperons exclusivement dans cet article, sont tous solides; il n'y en a qu'un très petit nombre qui jouissent de l'éclat métallique : tels sont les fers oxydulé et oligiste, quelques oxydes de manganèse, etc.; ils perdent cet éclat par la trituration; leur couleur est, en général, différente de celle du métal qui les produit : cette couleur est souvent très belle et très éclatante; aussi cette classe de corps fournit des matériaux précieux à la peinture. Leur densité est toujours moindre que celle du métal qui leur sert de base. Ils sont inodores, excepté ceux d'antimoine et d'osmium à l'état de vapeurs. Ils sont tous fixes ou à peu près, à l'exception du protoxyde d'antimoine et des acides molybdique et osmique. Un grand nombre sont fusibles. La chaleur réduit complétement les oxydes d'argent, de mercure, d'or, de platine et des nombreux métaux qui accompagnent ce dernier. Elle ramène à un moindre degré d'oxydation les peroxydes et deutoxydes de chrôme, de manganèse, de plomb, etc.; beaucoup de protoxydes se peroxydent par le grillage. Le carbone, mélangé intimement avec les oxydes, les réduit presque tous; il en réduit même un grand nombre par cémentation. L'hydrogène et le soufre sont dans le même cas. Par voie sèche, le chlore attaque tous les oxydes, lorsqu'ils sont mélangés de charbon. Le fer et l'étain réduisent, à l'aide de la chaleur, les oxydes de presque tous les métaux. Les oxydes sont presque tous insolubles dans l'eau; mais ils sont tous susceptibles de se combiner avec elle pour former des *hydrates*.

Les acides ont une grande tendance à se combiner avec les oxydes, surtout lorsqu'ils sont à l'état d'hydrates, pour former des sels. Cependant il y a certains oxydes, comme les peroxydes de manganèse et de chrôme, qui ne se dissolvent dans les acides qu'en abandonnant une certaine portion de leur oxygène. L'acide nitrique dissout la plupart des oxydes, à l'exception des peroxydes d'étain, d'antimoine, de plomb, de manganèse, etc.; il suroxyde, à l'aide de la chaleur, les protoxydes de fer, de cuivre, de mercure, d'étain, d'antimoine, etc. L'acide sulfurique se combine aisément avec la plupart des oxydes; cependant il paraît généralement moins énergique sous ce rapport que l'acide hydrochlorique, qui les dissout presque tous, en donnant lieu à un dégagement de chlore avec beaucoup de peroxydes, celui de manganèse, par exemple.

Quelques oxydes métalliques, jouant pour la plupart le rôle d'acides, sont susceptibles de se combiner avec la potasse et la soude, soit par voie humide, soit par voie sèche, tels sont les oxydes de zinc et de plomb, les acides chrômique, stannique, antimonique, tungstique, uranique, etc. L'ammoniaque dissout, surtout lorsqu'ils sont à l'état d'hydrate, les oxydes de zinc, de cuivre, d'argent, les acides chrômique, tungstique, les oxydes de nickel, de cobalt, de fer, etc. Le nitre et le chlorate de potasse suroxydent par voie sèche tous les oxydes susceptibles de produire des peroxydes ou des acides permanents à la chaleur blanche.

Les oxydes qui jouent le rôle des bases les plus fortes sont l'oxyde d'argent, les protoxydes de plomb, de fer, de manganèse, de nickel, de cobalt, de zinc, et les deutoxydes de mercure et de cuivre.

Les hydrates des oxydes blancs sont eux-mêmes blancs; ceux des oxydes colorés sont aussi colorés; mais leurs couleurs sont différentes de celles des oxydes. Ces couleurs sont souvent très belles et très brillantes. Les hydrates sont, en général, très facilement décomposables par la chaleur; quelques-uns, celui de deutoxyde de cuivre par exemple, se décomposent même dans l'eau bouillante. Ils sont tous beaucoup plus facilement attaquables par les acides et par les alcalis que leurs oxydes. Ils ne se forment pas directement : on ne les obtient qu'en précipitant les dissolutions métalliques par les alcalis caustiques en excès.

Les oxydes étant en très grand nombre, on ne peut les obtenir tous par les mêmes procédés. On en trouve un grand nombre, dans le règne minéral, à l'état de pureté parfaite. Quelques-uns n'existent qu'en combinaison, à l'état de sels, et ne peuvent être isolés sans se décomposer, les protoxydes de fer et de mercure, par exemple. On les prépare par l'un ou l'autre des procédés suivants.

1° On expose au contact de l'air un métal en fusion et l'on enlève l'oxyde à mesure qu'il se forme à la surface du bain (litharge, etc.).

2° On grille, à une chaleur convenable, un oxyde susceptible d'absorber encore de l'oxygène (minium, etc.).

3° On calcine, à une température plus ou moins élevée, les peroxydes susceptibles de perdre une certaine dose d'oxygène par l'action de la chaleur (oxyde rouge de manganèse, etc.).

4° On chauffe le mélange d'un oxyde et du métal correspondant dans des proportions convenables (protoxydes d'antimoine, de cuivre, etc.).

5° On fait passer un courant de vapeur d'eau sur un métal réduit en limaille et chauffé au blanc dans un tube de porcelaine (oxyde de fer magnétique).

6° On fait bouillir un métal avec de l'acide nitrique concentré, on évapore à sec et on calcine au rouge (peroxyde de fer, acide antimonieux, acide stannique, etc.).

7° On traite un oxyde intermédiaire par l'acide nitrique, lorsque cet acide peut le partager en protoxyde soluble et en peroxyde insoluble (peroxydes de plomb, de manganèse, etc.).

8° On précipite une dissolution métallique, soit par un alcali caustique, soit par un carbonate alcalin, et l'on calcine le précipité, qui est un hydrate ou un carbonate. On prépare par ce moyen un très grand nombre d'oxydes.

9° On précipite une dissolution métallique par un hypo-chlorite alcalin, on obtient un chlorure soluble et un peroxyde hydraté, que l'on peut souvent amener à l'état anhydre sans le décomposer, en le chauffant avec ménagement (peroxydes de manganèse, cobalt, etc.).

10° On prépare, le plus souvent, les oxydes métalliques qui jouent le rôle d'acide, en traitant par le nitre, à la chaleur rouge, les oxydes ou les minéraux qui renferment le même radical et en décomposant ensuite le sel de potasse qui se produit par un acide plus fort (acides *chrômique*, etc.).

OXYGÈNE (*angl.* oxygen, *all.* sauerstoff). Corps simple gazeux, permanent, incolore, insipide, inodore, dont la densité = 1,1026. L'eau en dissout 0,035 de son volume, quantité insignifiante en poids. Comprimé avec force et rapidité dans un corps de pompe, il développe de la lumière et une chaleur suffisante pour allumer de l'amadou. C'est de tous les corps celui qui active le plus la combustion. Le protoxyde d'azote seul partage avec lui, mais à un moindre degré, cette propriété qu'il doit à l'oxygène qu'il renferme. C'est le seul gaz propre à la respiration et susceptible de transformer le sang veineux en sang artériel : son action est tempérée dans l'air que nous respirons par le mélange d'un gaz inerte, l'azote. A la température ordinaire, l'oxygène n'agit que sur un très petit nombre de corps; mais, quand on les chauffe au rouge, un certain nombre, le fer par exemple, brûlent dans ce gaz avec un éclat que la vue ne peut supporter. L'oxygène est de tous les éléments celui qui est le plus répandu dans la nature; il fait partie de l'immense majorité des substances minérales qui composent l'écorce terrestre; il constitue

les 0,21 de l'air atmosphérique et les 0,889 de l'eau.

On prépare ce gaz, soit en calcinant du peroxyde de manganèse au blanc, dans une cornue : il se forme alors de l'oxyde rouge de manganèse, et il se dégage le tiers de l'oxygène que renfermait le peroxyde, soit en traitant à chaud le péroxyde de manganèse par l'acide sulfurique : il se forme du sulfate de protoxyde de manganèse, et il se dégage la moitié de l'oxygène que renfermait le peroxyde; soit enfin en chauffant avec ménagement, dans une petite cornue de verre, du chlorate de potasse : il se forme d'abord du chlorure de potassium et de l'hyperchlorate de potasse, lequel se décompose lui-même à une température plus élevée, en laissant un résidu de chlorure de potassium et il se dégage en tout 6 équiv. d'oxygène ou 32 pour 100 environ du poids du chlorate employé. (Voy. *Complément*).

P

PACKFONG. Voyez NICKEL.

PAILLE. Voyez CHAPEAUX DE PAILLE.

PAILLETTES. Petits disques minces percés dans le milieu. Voyez CANNETILLE.

PAIN. La confection du pain consiste en deux opérations distinctes : la préparation de la pâte, nommée pétrissage, et la cuisson de cette pâte quand elle a été pétrie et mise sous la forme qu'on veut donner au pain.

La conversion de la farine en pain se fait en l'hydratant de manière à dissoudre ses parties solubles, la glucose et la dextrine et à pénétrer d'eau les principes insolubles, tels que l'albumine, la caséine, la fibrine et la fécule. Mais, par une simple addition d'eau et un pétrissage prolongé, le pain que donnerait la farine ne consisterait qu'en une masse compacte, lourde et indigeste. Il est nécessaire de recourir à un agent qui, en déterminant la fermentation de la pâte, développe de l'acide carbonique. Ce gaz, en se dégageant, augmente le volume de la pâte et y produit des vides nombreux ; pendant la cuisson, ces vides augmentent de volume, en même temps que la vapeur d'eau qui se dégage ajoute encore au gonflement du pain.

L'effet utile de la fermentation panaire consiste donc dans le dégagement du gaz acide carbonique; de plus, il y a production d'alcool et d'acide acétique dont l'odeur accuse la marche de l'opération.

La cuisson de la pâte, tout en éliminant l'excès d'eau, forme une croûte qui maintient la forme du pain et, par sa cohésion, la défend des altérations spontanées; cette croûte, par l'altération de la matière organique, se colore d'autant plus que le pain est soumis à l'action d'une plus haute température et qu'il renferme plus d'eau.

L'agent employé, par les boulangers, pour faire lever la pâte est de deux sortes : le *levain de pâte fermentée*, et la *levure de bière* ou ferment. Ces deux matières peuvent s'employer ensemble ou séparément.

Le *levain* est une portion de pâte prélevée à la fin de chaque opération et qui est employée pour les pétrissages suivants; mais ce levain a besoin de subir plusieurs préparations qui le rendent apte à remplir son but. Il doit être placé dans un endroit où la température soit uniforme pendant toute l'année, et où rien ne puisse arrêter sa fermentation. On le laisse ainsi 7 à 8 heures pendant lesquelles son volume double sans que sa forme change ; il est alors plus léger que l'eau et dégage une odeur spiritueuse agréable. On a alors ce que l'on nomme *levain de chef*. Environ 9 heures après la préparation de ce levain, on le pétrit avec une quantité d'eau et de farine suffisante pour doubler son volume, tout en conservant le mélange très ferme, on a ce que l'on nomme le *levain de première*. Six heures après ce second travail, on renouvelle ce dernier levain en préparant le *levain de seconde*, qui s'obtient en faisant subir au précédent un travail tout à fait semblable à celui qui a servi à le préparer, seulement on ajoute proportionnellement plus d'eau que de farine pour avoir une pâte plus molle. Le volume du levain a encore doublé par cette troisième opération. Enfin une dernière manutention, faite avec beaucoup de soin et semblable en tout aux précédentes, donne le *levain de tout point*, dont le volume doit être tel qu'il fasse le tiers d'une fournée en été et la moitié seulement en hiver.

Nous avons dit qu'on employait la levure de bière comme auxiliaire à la fermentation panaire ; on en emploie un kilogramme pour deux fournées. Quand la levure, qu'on emploie sèche, n'a pas été falsifiée, elle active beaucoup le travail et fournit des pâtes très légères ; employée en trop forte proportion, elle donne au pain une saveur désagréable, car elle s'altère rapidement ; aussi le pain doit être, dans ce cas, mangé tendre.

Lorsque le *levain de tout point* est prêt, on opère le *pétrissage*, opération qu'on peut diviser en quatre temps nommés : *délayure, frase, contre-frase et découpage*.

On commence par verser sur le levain toute l'eau nécessaire à la fabrication de la pâte et, à l'aide des mains ouvertes, on presse la masse de manière à la bien diviser en la rendant aussi liquide que possible, afin qu'il ne reste aucuns grumeaux. Quand la masse est bien délayée, on y introduit, portions par portions, la quantité de farine nécessaire à former la pâte ; on opère rapidement le mélange sans retirer les mains. C'est de cette opération, qui constitue la frase, que dépend le bon pétrissage.

On ratisse alors le pétrin pour réunir toutes les portions de pâte en une seule masse, puis on contre-frase, c'est-à-dire qu'on relève la pâte de droite à gauche à la tête du pétrin, en la retournant en gros pâtons qu'on travaille successivement pour les reporter de gauche à droite. On soulève la pâte, on la replie sur elle-même pour l'étirer et ensuite la laisser tomber avec effort en la jetant sur les parties déjà travaillées, ce qui facilite le développement de la pâte en y permettant l'introduction de l'air.

On ratisse de nouveau le pétrin et on prend la moitié de la pâte pour l'employer comme levain à la fournée suivante.

On procède alors au *bassinage*, opération qui consiste à faire absorber à la pâte une plus grande quantité d'eau. Cette opération, qui est très fatigante, s'emploie souvent pour arrêter la fermentation.

On introduit généralement du sel dans le pain, surtout quand on doit le conserver; car le sel, tout en donnant du goût au pain, retarde sa fermentation. Le sel est jeté par poignées sur le levain avant d'y mettre l'eau. A Paris, on emploie un demi-kilogr. de sel par sac de farine du poids de 159 k. En Angleterre, on met 2 k de sel par sac de 125 k, quelquefois on met moitié sel et moitié alun.

On distingue, à Paris, trois sortes de pâtes : la pâte ferme, la pâte bâtarde et la pâte douce.

Dans la *pâte ferme*, il entre proportionnellement plus de farine que dans les autres, et elle donne moins de déchet à la cuisson, en outre le pain se conserve mieux en même temps que son pouvoir nutritif est plus considérable.

La *pâte douce*, moins riche en farine, demande un plus grand travail, mais sa cuisson est plus courte ; toutefois, si la pâte n'est pas bien apprêtée, elle donne un déchet considérable au four.

Quant à la *pâte bâtarde*, elle tient le milieu entre les deux autres, c'est la plus généralement employée.

La pâte, une fois pétrie, on opère sa division et sa pesée ; mais comme, par l'évaporation qui se produit, il y a une perte de poids, on est obligé d'en mettre un excédant qui permette de retrouver, après la cuisson, le poids fixé par les règlements.

On ajoute donc à la pâte en la pesant :

Pour les pains ronds de	6	kilog.,	61	décagrammes.
Pour ceux de	4	»	49	»
Pour ceux de	3	»	43	»
Pour ceux de	2	»	28	»
Pour ceux de	1	»	18 à 19	»

Après avoir pesé la pâte, on lui donne la forme que les pains doivent avoir ; on a soin alors de la saupoudrer de farine pour qu'elle ne s'attache ni aux mains ni au pétrin.

D'après leur forme, on désigne les pains sous plusieurs noms, on distingue : les *pains fendus* longs ou courts ; les *pains sans grigne* ou à *grignon*, dont la fente, au lieu d'être dessus, comme pour les précédents, est faite sur le côté ; les *pains rondins* qui sont demi-longs et non fendus ; les *pains ronds* pleins ou évidés au centre, leur épaisseur est peu considérable.

Après avoir été pesée et façonnée, la pâte est mise dans des pannetons où elle fermente et prend son *apprêt* avant d'être enfournée. L'apprêt doit se faire dans un lieu où la température soit assez élevée pour favoriser la fermentation.

La *cuisson* des pains s'opère dans des appareils nommés *fours ;* ces fours, ordinairement en briques, varient de grandeur, mais gardent une forme constante, qui est celle d'une poire ou d'un œuf, et que la pratique a indiquée comme la plus favorable.

Les fours ordinaires ont 3 mètres de longueur sur 0m,33 à 0m,50 de hauteur. Pour rendre la combustion plus complète, on garnit ces appareils de trois conduits nommés *ouras* qui s'ouvrent dans le four, et qui vont, en passant sur la voûte, aboutir à la cheminée. Quand le feu est allumé on ferme la bouche du four, le triage se fait par les ouras. La chaleur perdue des fours est utilisée pour le chauffage de l'eau qui s'emploie dans le pétrissage.

Les fours sont chauffés avec du bois ou tout autre combustible donnant une flamme claire et vive ; on fait ordinairement usage de bouleau et de sapin. On doit surtout éviter l'emploi des bois peints, qui pourraient communiquer à la pâte les propriétés nuisibles que leur peinture possède. Il faut que la chaleur se répartisse uniformément dans le four ; pour cela, on doit arranger le bois avec soin avant d'y mettre le feu.

Les boulangers retrouvent une grande partie du prix du combustible en vendant la braise qui en provient ; cette diminution de dépense est à peu près de moitié. Quand le four est assez chaud on retire la braise, et on écouvillonne la sole de manière à la rendre aussi propre que possible, puis on procède à l'enfournement ; on met sur l'un des côtés une boîte en tôle, nommée *porte-allume*, renfermant des petits morceaux de bois sec qu'on enflamme et qui éclairent l'ouvrier chargé de l'enfournement.

On place d'abord, en commençant, les plus gros pains au fond, et les plus petits, qui seront cuits les premiers, sont mis auprès de la bouche du four.

Le four chargé, on le ferme à l'aide d'une porte en tôle, qu'on ne retire qu'au bout de vingt minutes pour s'assurer si la cuisson marche bien. C'est à la couleur que prend la croûte qu'on juge du degré d'avancement de l'opération, et par conséquent du temps que le pain doit rester au four.

Les pains de 2 kilogrammes demandent 35 minutes de cuisson ; ceux de 4 kilogrammes, 50 à 60 minutes. On opère le défournement des pains en enlevant d'abord ceux qui sont à l'entrée, puis on continue graduellement jusqu'aux plus gros qui sont au fond du four.

On reste 10 à 15 minutes pour décharger un four ordinaire. Les pains sont reçus dans des paniers afin d'éviter leur déformation ; il est indispensable que les pains soient bien cuits quand on les retire, car s'il fallait les remettre au four une seconde fois ils perdraient leur couleur vive et leur croûte se riderait.

Outre le pain ordinaire, les boulangers en confectionnent d'autres dont la vente est plus productive, car ces pains, qu'on désigne sous le nom de *pains de luxe*, ne sont soumis à aucune taxe. Leurs formes varient à l'infini, aussi ne nous en occuperons nous pas ; nous nous contenterons de décrire succinctement le mode de leur préparation.

Pains de gruau. On désigne sous le nom de pains de gruau les petits pains faits avec des farines dites de gruaux sassés, et qui, par cette raison, sont plus blancs que ceux obtenus à l'aide de la farine ordinaire.

Quand la consommation de ce pain est considérable, on opère sa préparation comme celle du pain ordinaire ; on a un levain exprès, qu'on emploie dans les mêmes proportions que dans la panification de ce dernier. Lorsqu'au contraire le débit des pains de gruau est faible, on a recours au levain artificiel qu'on prépare avec la levure de bière. Le reste des opérations est identique à celles décrites précédemment.

Pains à café. Les pains désignés sous le nom de pains à café sont obtenus à l'aide de farine de gruau de qualité secondaire, en faisant usage du levain artificiel, ou mieux encore, en faisant usage de la pâte qui sert à la confection des pains de gruau, en employant le levain ordinaire ; dans tous les cas, la pâte doit être bien battue et soufflée, de manière à être rendue très légère. La qualité de ces pains dépend essentiellement du travail que l'on donne à la pâte, qui doit être aussi douce que possible.

Les *pains mollets* et les *pains à soupe* sont préparés avec la pâte des pains à café ; les derniers sont tout en croûte lorsqu'ils sont cuits.

Les pains dits *navette*, *flûte crevée*, *pains de tête*, etc., se font à l'aide de la pâte ordinaire, sans travail particulier, seulement on expose la pâte à l'air afin qu'elle n'ait pas trop d'apprêt au moment de la tourner.

Les *bonaparte*, *pain rond*, *giberne*, *artichaut*, se font également avec la même pâte, mais rendue plus ferme.

Pain de dextrine. Le pain de dextrine est un aliment ayant une saveur agréable et une odeur aromatique propre aux meilleures farines ; ce pain, cependant, s'obtient généralement avec des farines altérées, car en ajoutant un peu de sucre ou de glucose à une farine, on retarde la fermentation de la matière azotée. Pour obtenir le pain de dextrine, il faut mélanger 2 à 4 p. 100 de matière sucrée à la farine ; ce mélange donne un pain dont la mie est spongieuse et régulière, tandis que la croûte a un aspect appétissant.

Pains viennois. Les pains viennois se font en ajoutant du lait à la pâte qui sert à les préparer. On emploie dans le pétrissage 1 partie de lait pour 4 p. d'eau ; on a alors recours au levain artificiel en quantité plus considérable. Ces pains se vernissaient autrefois à l'aide d'albumine ou blanc d'œuf ; aujourd'hui cette opération se fait sans rien ajouter, en opérant la cuisson sous l'action d'un courant de vapeur d'eau. La vapeur aug-

mente les effets de la réaction qui caramélise la surface du pain. Pour arriver à ce résultat on chauffe le four comme à l'ordinaire, seulement on nettoie avec un tampon de paille mouillée le devant de la sole du four ; il y a formation de vapeur, on enfourne les pains et on ferme la porte. La vapeur produite forme en avant du four un nuage qu'on a soin d'entretenir, et qui agit sur le pain en le vernissant.

Pain de gluten. Ce pain s'obtient avec le gluten d'une farine qu'on a privée de son amidon ; c'est un aliment qui est très nutritif, car il ne renferme que la matière azotée de la farine. Ce pain léger est excellent pour les malades qui ne peuvent prendre que peu de nourriture.

Pain de munition. De tous les pains, celui de munition est certainement le plus mauvais ; cela tient à trois causes : 1° au défaut de nettoyage des blés livrés à l'administration de la guerre ; 2° à la mauvaise manipulation de la pâte ; 3° enfin à une cuisson toujours défectueuse.

A Paris, où le pain de munition est le moins mauvais, il se fabrique avec un mélange de :

Deux cinquièmes de farine dite *deuxième ;* cette farine est la qualité immédiatement inférieure à celle employée pour le pain ordinaire.

Deux cinquièmes de farine dite *troisième*, qui est la première qualité des farines bises.

Un cinquième de farine dite *quatrième ;* c'est la dernière qualité au-dessous de laquelle il n'y a plus que les remoulages.

Le mélange de ces trois sortes de farines donne un pain d'une couleur grisâtre, pour la fabrication duquel on emploie beaucoup de levain, qui permet à la pâte de prendre son apprêt sans qu'on soit obligé de la travailler beaucoup.

Dans les manutentions militaires on veut des boulangers qui appartiennent à l'armée, et qui, par conséquent, entrent en campagne avec leurs corps, en emportant avec eux le matériel qui leur est nécessaire.

En campagne, on met plus d'eau dans le pain de munition, ce qui facilite le délayage et donne un rendement plus considérable ; mais comme l'excès du poids obtenu est dû à l'eau, ce rendement est illusoire et, de plus, nuisible à la santé du soldat, car l'eau étroitement renfermée dans la croûte compacte du pain en produit l'altération rapide.

Dans les boulangeries militaires, 24 hectolitres de farine ou 16 sacs, rendent onze fournées ; ce volume représente un poids de 2.544 kilogrammes de farine, auxquels on ajoute 2.096 kilogrammes d'eau, et 4 kilogrammes de sel pour former la pâte.

On obtient 2.486 pains, pesant chacun 1k,5, ce qui fait un rendement de 3.729 kilogrammes ; il y a eu, par la cuisson, 941 kilogr. d'eau évaporée.

Pour obtenir ces 3.729 kilogr. de pains, on emploie 880 kilogr. de bois sec, et le personnel se compose de trois boulangers, deux aides et un chauffeur.

Dans le pain tendre ordinaire, il y a 5/6 de mie contenant 45 p. 100 d'eau, et 1/6 de croûte renfermant 15 p. 100 d'eau seulement.

Le pain tendre de munition renferme aussi 5/6 de mie, mais cette mie contient 51 p. 100 d'eau ; il y a également 1/6 de croûte à 16 p. 100 d'eau. Si on établit une comparaison entre la quantité d'eau totale renfermée dans ces deux espèces de pains, on voit que le pain tendre ordinaire renferme 40 p. 100 d'eau, tandis que le pain tendre de munition en renferme 45 p. 100.

Biscuit. On nomme biscuit une sorte de pain inaltérable, très sec, en forme de galettes fort minces, et qui est destiné à la nourriture des marins pendant les voyages au long cours. Le biscuit se fabrique dans les ports de mer : on prend, pour le levain de la pâte, 1 partie de levain de bière et 2 parties de farine ; le délayage se fait comme à l'ordinaire, on frase plus court et la pâte doit être très ferme ; le pétrissage terminé, on travaille la pâte par parties, en donnant à chacune d'elles la forme d'un biscuit. Les galettes sont disposées sur des tablettes situées dans un lieu aéré et frais, afin d'éviter la fermentation. La cuisson s'opère dans un four chauffé beaucoup moins que pour le pain ordinaire. On perce chaque galette de plusieurs trous, afin de favoriser la cuisson et l'évaporation de l'eau. Le biscuit doit rester deux heures au four, ; au bout de ce temps, les galettes sont défournées et placées dans des caisses qui en contiennent de 25 à 50 kilogr. ; ces caisses sont portées dans une étuve placée au-dessous du four, où la dessiccation s'achève.

On ne met pas de sel dans le biscuit, car le chlorure de sodium renferme toujours des chlorures déliquescents, qui en attirant l'humidité causeraient l'altération du biscuit.

Le bon biscuit est sec et cassant ; sa cassure est vitreuse et sa couleur jaune brunâtre ; sa mie, qui est blanche, se gonfle beaucoup dans l'eau. En Angleterre, le biscuit est préparé sans levain, ce qui le rend fade et l'empêche de bien tremper.

M. Rollet a proposé de séparer de la farine le son qu'elle renferme toujours, de délayer celui-ci dans l'eau pour en séparer les principes sucrés et solubles, et d'employer l'eau qui a servi à ce lavage pour la préparation de la pâte. Pour obtenir le biscuit par son procédé, M. Rollet prend 100 kilogr. de farine dont il extrait 18 kilogr. de son ; il reste donc 82 kilogr. de farine brute. Les 18 kilogr. de son traités par l'eau chaude, puis pressés, donnent une matière farineuse dont le pouvoir nutritif est représenté par celui de 9 kilogr. de farine, on a donc en tout l'équivalent de 91 kilogr. de farine blanche, avec laquelle on prépare 120 biscuits pesant 89 kilogr. au sortir de l'étuve.

Pain de seigle. Cette espèce de pain s'obtient avec la farine de seigle, mais comme cette céréale renferme moins de gluten que le froment, le pain qu'on en retire est moins nutritif que le pain fait avec ce dernier. La farine de seigle exige pour sa panification plus de levain que celle du blé, une eau plus chaude pour le pétrissage, enfin une pâte plus ferme, moins de sel et une plus longue cuisson. Le pain de seigle sert dans quelques pays pour la nourriture de l'homme, mais généralement on l'emploie pour celle des chevaux.

Le *pain de méteil* s'obtient par un mélange de 2/3 de farine de blé et 1/3 farine de seigle.

Pain de pommes de terre. La panification de la pomme de terre a, depuis Parmentier, occupé un grand nombre de savants et de sociétés d'encouragement, qui promirent des récompenses à ceux qui atteindraient ce but ; aucun procédé n'a encore répondu à leur appel.

Le seul avantage qu'on retirerait de la panification de la pomme de terre serait de mettre ce tubercule sous un plus petit volume, et par conséquent d'éviter les frais de transport. Du reste, la pomme de terre est un pain tout fait qu'on peut arranger de vingt manières différentes, avantage qu'elle n'aurait plus une fois panifiée.

Pain de riz. De même que la pomme de terre, le riz ne pourra jamais être panifié avantageusement ; comme elle, il peut être préparé sous diverses formes. C'est aussi un pain naturel obtenu par le fait seul de la cuisson.

Le pain de riz, comme celui de pomme de terre, n'est pas nourrissant ; aussi, la fécule ou la pomme de terre bouillie et écrasée et le riz, ne peuvent-ils être mêlés à la farine de froment pour faire du pain sans qu'il y ait fraude, et fraude doublement grave, car le boulanger qui la pratiquerait, non-seulement gagnerait beaucoup plus qu'il ne lui reviendrait, mais encore son pain n'aurait plus le même pouvoir nutritif. C'est également un tort, qu'a eu l'administration de la guerre, de vouloir

dans ces dernières années remplacer, aux soldats servant en Algérie, une partie de leur ration de pain par un poids égal de riz, le blé renfermant de 12 à 13 p. 100 de substance azotée, tandis que le riz n'en contient que 6 à 7 p. 100.

On a cherché souvent à panifier les farines de *haricots*, de *pois*, etc. ; c'est toujours dans les moments de disette que ces essais ont été tentés, le plus souvent, il faut le dire, pour frauder la farine de froment.

Des perfectionnements à apporter dans la fabrication du pain.

Dans ces derniers temps, de nombreuses améliorations ont été introduites dans la préparation du pain, et l'ont rendue une opération tout à fait industrielle.

C'est à l'emploi de pétrins mécaniques et de fours chauffés à l'air chaud que cette transformation remarquable s'est opérée. Sans nous arrêter à tous les essais qui ont été tentés pour perfectionner les différents pétrins mécaniques proposés, sans décrire tous les changements apportés successivement au four aérotherme, nous ferons connaître ces appareils tels qu'ils sont employés chez MM. Mouchot frères, boulangers à Montrouge, dont l'établissement est certainement le plus beau dans son genre, établissement où toutes les opérations se font, pour ainsi dire, d'une manière continue.

Le pétrin employé dans la boulangerie de Montrouge est celui de M. Fontaine.

C'est un cylindre à douves de 0m,04 d'épaisseur réunies par des cercles en fer ; ce cylindre, fermé aux deux extrémités et séparé en deux capacités par un diaphragme, porte un couvercle muni de charnières, et tourne autour d'un axe sur lequel sont fixés des bras ; le cylindre lui-même porte d'autres bras qui passent, quand il tourne, entre les bras de l'axe fixe autour duquel il se meut.

C'est dans les deux compartiments du pétrin que sont déposés les levains, on y ajoute la farine et l'eau nécessaires ; après avoir fermé le cylindre, on lui imprime un mouvement de rotation qui lui est transmis par une machine à vapeur. La vitesse est de 4 tours par minute ; 15 à 17 minutes suffisent au pétrissage, dont la fin est annoncée par une sonnette fixée au cylindre et mise en mouvement par une roue à rochets. Le pétrissage obtenu au moyen de cet appareil est excellent, il a, en outre, l'avantage de présenter une propreté qu'on ne trouve pas dans le pétrissage à bras d'homme ; le seul résultat qu'on n'obtienne pas en l'employant, c'est une fermentation aussi active que dans la même opération faite à bras, fermentation dont la rapidité, dans ce dernier cas, est due, sans le moindre doute, à la sueur des hommes qui pétrissent.

Cette fermentation trop lente a empêché jusqu'ici l'emploi des pétrins mécaniques dans les manutentions militaires, emploi qui faciliterait beaucoup la préparation du pain des soldats en campagne.

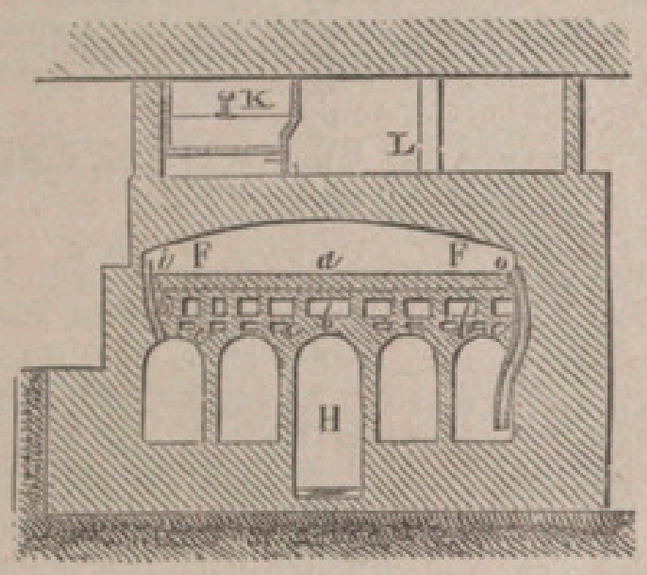
Les pétrins mécaniques étaient d'abord en bois, maintenant on les fait généralement en fonte.

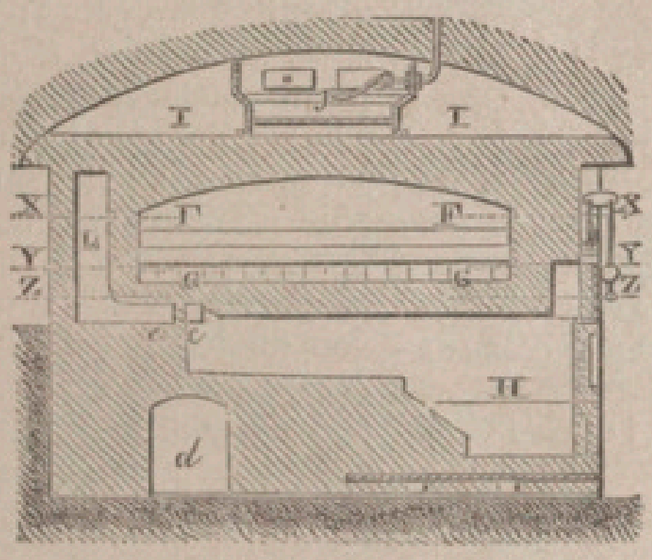
Le four aérotherme employé par M. Mouchot est celui de MM. Lemare et Jametel, perfectionné. Aucun combustible ou fumée n'entre dans le four proprement dit ; un courant d'air chaud seul y pénètre par des orifices distribués au pourtour de la sole. Cet air, qui produit la cuisson du pain, est chauffé par un foyer inférieur alimenté par du bois ou du coke. L'air et la fumée suivent deux routes bien distinctes et ne peuvent se mêler.

Aussitôt que le coke employé pour chauffer l'air est en ignition, l'ouverture par laquelle entre l'air, qui alimente le foyer, est fermée de la manière la plus exacte et la combustion continue, alimentée par l'air qui pénètre au travers des parois du foyer dont les pores sont dilatés par la haute température de l'appareil.

Ce four présente une grande économie de combustible une grande économie de main-d'œuvre, une pro-

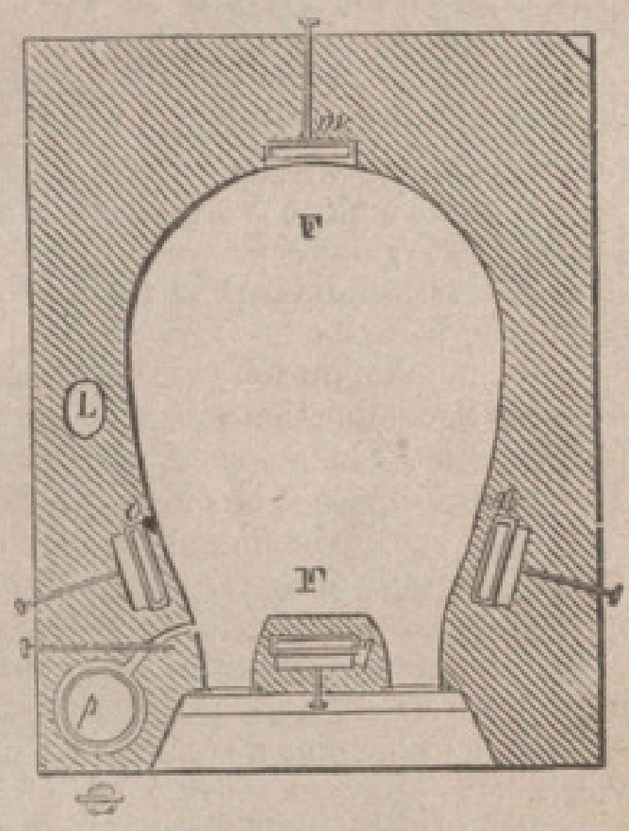
1968.

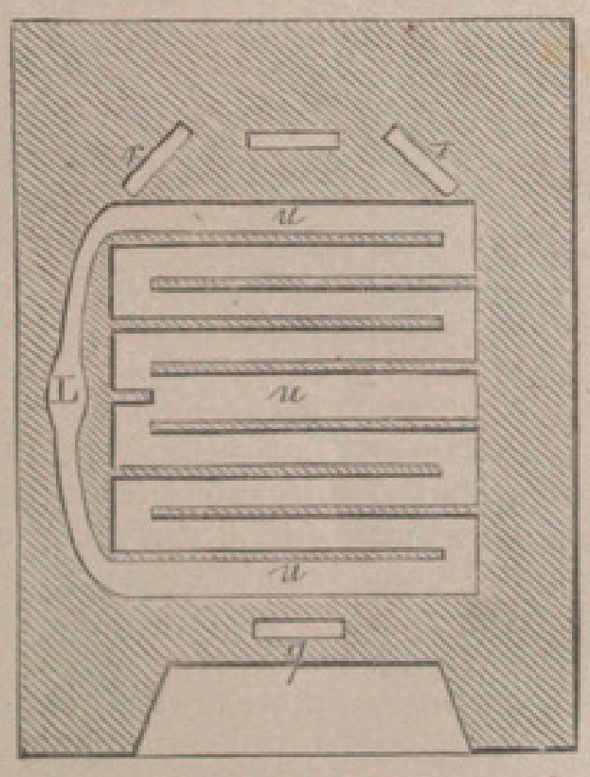




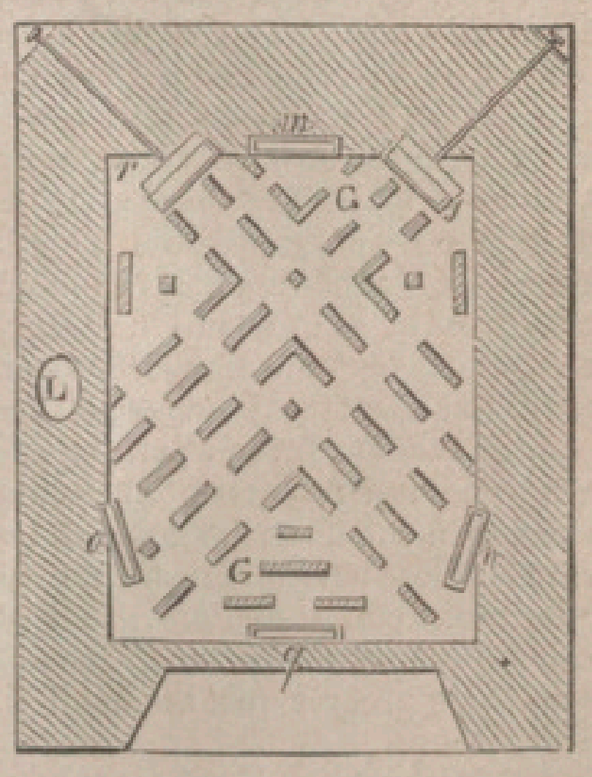
1967.

1964.





1966.



1965.

preté parfaite et surtout une cuisson excessivement régulière et ne laissant rien à désirer.

La cuisson dure une demi-heure, on fait 24 fournées par jour, chacune de 133 kilog. de pain pour 166 kilog. de pâte employée, ce qui fait qu'on peut obtenir avec un seul four 3192 kilog. de pain par jour, et on évapore ainsi 1296 kilog. d'eau, opération qui ne demande que 650 kilog. de coke.

Pour faciliter l'enfournement, deux becs de gaz sont disposés aux portes du four, et comme leurs supports sont à articulations, on les place de manière à voir successivement toutes les parties de la sole quand on les garnit de pains.

Les fig. 1964 à 1960 donnent connaissance de la construction du four aérotherme; dans ces cinq figures, les mêmes lettres indiquent les mêmes objets.

F F, four où se cuit le pain.

G, G, canaux régnant sous toute la surface du four ; il y circule de l'air chaud arrivant des voûtes placées autour du foyer.

H, foyer du four. On a renoncé aux grilles dans le foyer, car elles se brûlaient trop vite ; on a trouvé avantage à employer la disposition suivante : le coke est simplement jeté sur la sole du foyer, on en remplit l'espace H, et on ne le renouvelle que trois ou quatre fois en 24 heures.

I, espace vide réservé au-dessus du four, il sert d'étuve.

J, chaudière maintenue pleine d'eau au moyen d'nn robinet à flotteur; elle fournit l'eau chaude nécessaire au pétrissage.

L, cheminée où se rendent les produits de la combustion du foyer.

c, canaux conduisant la fumée du foyer H dans les canaux *u*, *u*.

u, *u*, canaux d'un long parcours où circulent les produits de la combustion avant de se rendre dans la cheminée L; ces canaux sont placés immédiatement au-dessous de l'espace G G, où circule l'air chaud.

r, *s*, canaux amenant l'air chaud du réservoir qui entoure le foyer dans l'espace G G, placé au-dessous de la sole du four.

n, *o*, conduits amenant l'air chaud de l'espace G G, dans le four F F.

m, canal amenant directement l'air chaud du réservoir placé autour du foyer dans le four F.

q, canal conduisant l'air chaud saturé d'humidité dans le réservoir inférieur. Cet air se réchauffe de nouveau pour revenir passer sur les pains; comme on le voit, c'est toujours le même air qui opère la cuisson.

p, chaudière chauffée par la chaleur perdue du four.

Petite fabrication. Le four aérotherme, malgré tous ses avantages, exigeait une fabrication sur une trop grande échelle. La fabrication du pain est une industrie en quelque sorte domestique, qui ne peut guère s'exploiter en grandes manufactures ; chacun va chercher son pain dans son voisinage, et l'exploitation en grand a toujours sombré devant la nécessité d'avoir un grand nombre de dépôts, d'agents qui ne sont pas excités par leur intérêt personnel, comme le boulanger qui vend son pain aux habitants de sa rue, dont il cherche à satisfaire les goûts et les habitudes. Ce sont surtout les perfectionnements qui peuvent s'appliquer aux petits ateliers, sans dépenses trop considérables, qui méritent grand intérêt ; c'est un semblable progrès qu'a accompli M. Rolland, boulanger à Paris.

Son pétrin mécanique est d'une simplicité extrême; la force d'un jeune homme de quinze à vingt ans suffit parfaitement à le faire mouvoir en pleine charge. Sur une auge renfermant la quantité de pâte nécessaire à une fournée, règne un axe horizontal (figure 1969), à cet axe sont fixés deux ensembles de lames curvilignes alternativement longues et courtes : ces deux ensembles de lames dessinent deux quarts de surfaces cylindriques à courbures opposées, en ce sens que l'une des surfaces tourne sa concavité et l'autre sa convexité vers le fond de l'auge : une roue faisant fonction de volant, est mue à l'aide d'une manivelle et transmet sa rotation à l'axe horizontal par l'intermédiaire de deux petites roues dentées.

Son action est aussi prompte que facile et efficace ; en vingt minutes, ou même en dix minutes quand il est nécessaire, il transforme plus d'un sac de farine en une

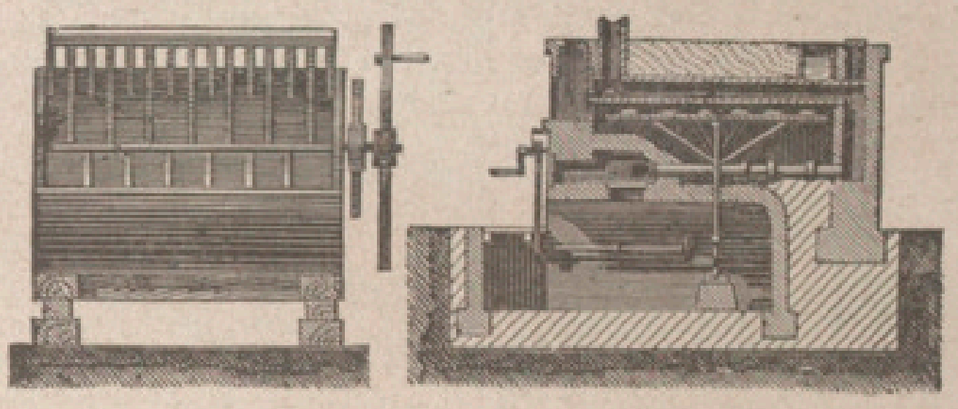


Fig. 1969. Fig. 1970.

pâte parfaitement homogène, bien aérée, sans pelotes ni grumeaux. Il suffit difficilement toutefois pour achever la préparation de la pâte pour une fabrication de luxe. Nous décrivons ci-après un pétrin mécanique qui fournit une solution plus complète du problème.

Son four est exempt de toute fumée. Celle-ci et l'air chaud partis du foyer, placé loin de la bouche du four, et conduits par des tuyaux ramifiés en pattes d'oie au-dessus de la voûte et au-dessous de l'âtre, circulent en assez grande abondance pour que le four atteigne promptement la température voulue et indiquée par un thermomètre que l'ouvrier a constamment sous les yeux. L'âtre ou le sol du four sur lequel on dépose le pain est recouvert de briques vernissées ou non vernissées que rien ne vient jamais salir (fig. 1970). Ces briques reposent sur une sole tournante qui se fait mouvoir du dehors à l'aide d'une manivelle. On comprend facilement tous les avantages qui résultent de cette disposition pour le chargement et le déchargement, comme aussi pour arrêter les pains les plus difficiles à cuire dans les parties les plus chaudes du four, pendant un temps convenable. En vingt-cinq minutes, la cuisson est ordinairement terminée, et le nombre des fournées peut atteindre dix-huit à vingt dans un jour avec une économie de 50 pour 100 sur le combustible. Les produits n'ont pas, bien entendu, la faible saveur pyrogénée, qu'ont ceux cuits dans les fours chauffés au bois et qu'apprécient les consommateurs.

Manutentions militaires. En France, l'administration de la guerre fait fabriquer le pain et le biscuit nécessaires pour les troupes, dans les grands centres militaires, pour éviter des vérifications très difficiles et par suite des fraudes nombreuses, et pour préparer pendant la paix un personnel suffisant pour les besoins d'une campagne. Les établissements où se fait cette fabrication se nomment manutentions; nous décrirons les méthodes employées dans celle du quai de Billy, à Paris, ce qui nous permettra de compléter en quelques points cette étude.

La farine fournie par les meules est blutée d'après une proportion souvent discutée pour concilier le bon marché et le goût du consommateur. Le taux d'extraction habituellement en usage est de 12 pour 100 pour la farine de blé dur, et 20 pour 100 pour celle de blé tendre. On obtient ainsi les premières et deuxièmes fleurs de farine, les gruaux blancs et bis, les recoupettes, le petit et le gros son. Les gruaux qui n'ont pas été assez écrasés par leur premier passage sous la meule, repassent par une autre série de meules.

A la manutention du quai de Billy, pour éviter autant que possible toute perte de farine, on fait passer le son dans un blutoir à brosses, cylindre légèrement incliné, dont la surface latérale est munie de cercles en fer, et recouverte d'une gaze. Ce cylindre est fixe. A l'intérieur, sont installées différentes séries de brosses qui se meuvent autour d'un axe central, en sorte que le son est frotté entre la paroi du cylindre et les brosses, ce qui lui fait perdre une grande proportion de la farine adhérente. Celle-ci passe par les mailles et le son sort par le bas du cylindre.

Dans les bluteries ordinaires, un mouvement de trépidation, obtenu à l'aide de taquets, empêche la gaze de s'obstruer: dans le blutoir à brosses, le mouvement de trépidation est obtenu par un système de deux marteaux en bois mus par une dent de loup.

La transformation du blé en farine cause nécessairement différents déchets. Le déchet du nettoyage varie de 1 à 2 pour 100; celui de mouture de 1,5 à 2 pour 100, celui de blutage est ordinairement de 1/4, en sorte que le déchet total varie de 2,75 à 4,25 pour 100, il est donc en moyenne de 3,50. D'après cela, le taux de blutage étant de 20 ou 12 pour 100, on peut conclure qu'il faudra 103k,50 de blé pour obtenir 80 de farine et 20 de son, s'il s'agit de blé tendre; 88 de farine et 12 de son avec du blé dur.

Conservation des farines. — Les farines se conservent en sacs, mais souvent le manque de place oblige à les empiler horizontalement par couches de six ou sept. Cette disposition est dangereuse, et peut causer dans la farine la formation de grumeaux qui s'échauffent rapidement. On y remédie par une surveillance attentive et une large aération.

Mélange des farines. — La farine de blé dur est la meilleure et la plus nutritive, mais, employée seule, elle fournirait un pain d'une nuance jaunâtre. On la mélange donc avec de la farine de blé tendre, mais il est indispensable que le mélange soit aussi intime que possible. On emploie souvent un mélangeur formé d'un plateau légèrement tronconique, soutenu horizontalement par un axe vertical, et animé d'un mouvement de rotation rapide. Différents tubes, dans lesquels l'écoulement est réglé convenablement, versent au centre de ce plateau les farines à mélanger, que la force centrifuge projette violemment contre les parois de la caisse en bois qui contient tout l'appareil. En bas de l'appareil se trouve un ramasseur qui engage la farine dans le conduit de sortie.

Fabrication du biscuit. — Nous compléterons ici ce que nous avons dit plus haut de la fabrication du biscuit. Nous avons dit qu'on a fabriqué longtemps le biscuit sans levain, dans le but de le conserver plus longtemps et l'on n'y mettait pas non plus de sel, dont on redoutait les propriétés hygrométriques. A la suite d'expériences conclnantes, faites après la guerre de 1870, on s'est décidé à faire un peu lever la pâte et à y introduire du sel, et l'on avait constaté que le biscuit obtenu dans ces conditions était suffisamment conservable et d'un goût un peu plus agréable. C'était donc un progrès, car il ne faut pas se dissimuler que le soldat n'a jamais été fou du biscuit. Malheureusement, la durée trop limitée de la conservation a fait revenir au biscuit azyme. Nous décrirons toutefois la fabrication du biscuit avec sel et levain, auquel on devra revenir, sur les réclamations des chefs de corps, toutes les fois que la durée de la conservation probable ne sera pas très grande.

Le levain employé s'obtient en délayant de la farine dans un peu d'eau, et en abandonnant la pâte qui en résulte à la fermentation alcoolique, à une température d'au moins + 25°. On appelle *chef-levain* la première quantité de farine et d'eau employée, on le *rafraîchit* plusieurs fois par des additions de farine et d'eau, après chacune desquelles on abandonne la matière à elle-même. Après trois additions, on obtient ɔɾ *levain de tout point* au bout de quatorze heures, c'est celui qu'on emploie pour faire lever la pâte du biscuit, quand il y a lieu.

On prend donc du levain de tout point, que l'on délaye dans de l'eau légèrement salée, on y ajoute la farine convenablement mélangée, puis la pâte qui en résulte est soumise pendant une demi-heure aux manipulations du pétrissage.

Ce travail se fait à bras ou dans des pétrins mécaniques. Le pétrissage à bras est extrêmement pénible, et exige de l'ouvrier une grande force musculaire; on tend à le supprimer entièrement dans les manutentions militaires. Les pétrins mécaniques présentent tous les mêmes dispositions générales; ceux qui fonctionnent au quai de Billy sont dus les uns à M. Delirg, les autres à M. Lebaudy. La figure 1971 représente ces

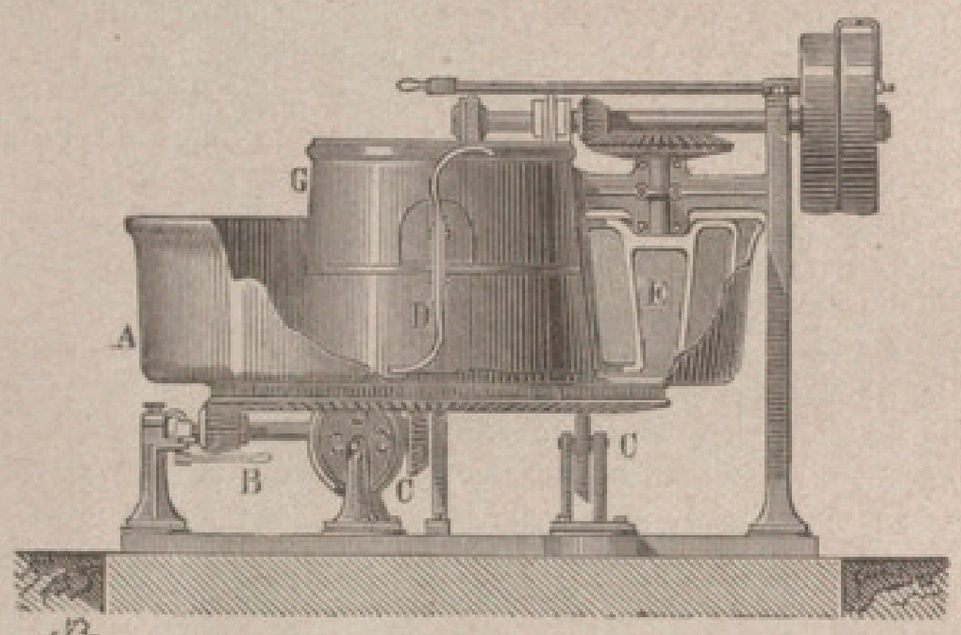


Fig. 1971.

derniers. Un bassin conique A, en fonte de fer, est destiné à recevoir la pâte; il tourne autour d'un axe creux fixé sur la plaque de fondation de l'appareil; le mouvement de rotation lui est transmis par l'engrenage B, à raison de 5 tours par minute. Ce bassin est supporté par les trois galets C, dont les axes sont fixés à des pieds en fonte reliés par des vis à la plaque de fondation. La pâte qu'on place dans le pétrin, participant à son mouvement de rotation, va ainsi au-devant de différents organes destinés à faire le pétrissage. On trouve d'abord deux hélices diamétralement opposées D; elles tournent autour d'un axe horizontal ; puis une fourchette E, formée de quatre montants qui embrassent tout l'espace annulaire compris entre le tambour central et le bassin tronconique; ce châssis est attaché en porte à faux à l'arbre F, lequel est vertical et lui communique un mouvement de rotation. Enfin un couteau, qui tourne également autour de l'axe de l'appareil, détache à chaque instant la pâte de la paroi du vase et l'empêche d'y adhérer. Le tronc de cône G contient les détails de transformation de mouvement nécessaires pour actionner les divers arbres; enfin, l'appareil est complété par divers accessoires, tels que poulie folle et poulie fixe, tringle d'embrayage, etc.

Un robinet amène de l'eau dans le pétrin mécanique, ce qui permet d'y faire toutes les opérations du pétrissage. Ces opérations sont : 1° le *délayage*, qui mélange l'eau et le levain, 2° le *frasage*, qui consiste à réunir la farine au levain délayé; 3° le *contre-frasage*, pendant lequel la fermentation commence, et qui oblige toutes les parties de la pâte à se souder ensemble, par le malaxage, l'allongement et la pression; 4° le *patronnage* ou *soufflage*, qui fait pénétrer de l'air dans la pâte et développe l'élasticité du gluten. Dans les pétrins dont nous parlons, la fourchette découpe la pâte, et les hélices l'étirent et la soufflent. Les pétrins de 0m80 de rayon, qui sont à la manutention, peuvent travailler

4000 kilogrammes de pâte en 12 heures; ils peuvent contenir à chaque opération la pâte nécessaire pour 600 rations.

Lorsque la pâte est convenablement pétrie, on l'enlève à bras, on la place dans des caisses en bois, à roulettes, où on la laisse lever pendant une vingtaine de minutes, et elle est alors bonne à cuire. Mais auparavant il faut donner au biscuit sa forme habituelle.

Cette opération s'exécute toujours mécaniquement, au moyen d'appareils dont les dispositions peuvent varier, mais dont le résultat est de comprimer fortement la pâte et de la découper en petites galettes carrées percées de trous. Nous décrirons sommairement les deux dispositions qui ont été adoptées successivement à la manutention de Paris.

Dans la première, la pâte était comprimée par deux rouleaux compresseurs de 0,40 à 0,50 de diamètre, elle était placée sur une planche, que l'ouvrier transportait successivement sur la table des deux rouleaux. Ceux-ci n'agissaient que par leur poids, leurs axes pouvant glisser dans les glissières des tringles. Les roues dentées étaient actionnées par la machine, leur mouvement de rotation communiquait, par la manivelle, un mouvement de translation à une longue poutre en bois, d'où résultait le mouvement de va-et-vient des rouleaux.

Après le second rouleau venait l'appareil connu sous le nom de *coupe-pâte piquoir*. Du reste, ce coupe-pâte était analogue, sinon identique, à celui qu'on emploie aujourd'hui, et qui sera décrit plus loin; il séparait la pâte en galettes carrées de $0^m,14$ de côté, et d'une épaisseur de 0,012 à 0,013; en même temps il creusait des trous coniques sur plusieurs alignements, après quoi on imprimait à la main le mois de la fabrication, le mot Paris et les lettres A ou L suivant que le biscuit était azyme ou levé.

Cet appareil pouvait débiter environ 150 quintaux en douze heures; il a été remplacé par celui dont suit la description, lequel peut produire 1/4 en plus.

La pression de la pâte s'exécute d'abord au moyen d'une *harpie* analogue à celle employée par les chocolatiers. On place la pâte sur une aire circulaire en fonte, de $1^m,50$ à $1^m,80$ de diamètre, laquelle est supportée par des madriers. Pour gagner du temps, on y met à la fois deux morceaux de pâte d'une vingtaine de kilogrammes chacun, en deux points diamétralement opposés. Au centre du plateau se trouve un axe vertical, animé d'un mouvement de rotation, et entraînant le bras horizontal A B (fig. 1972), lequel fait tourner sur l'aire circulaire un gros tronc de cône C en fonte, qui aplatit la pâte en passant par-dessus. L'axe du tronc de cône est relié au bras AB au moyen d'un coussinet à glissière D, qui présente assez de jeu pour

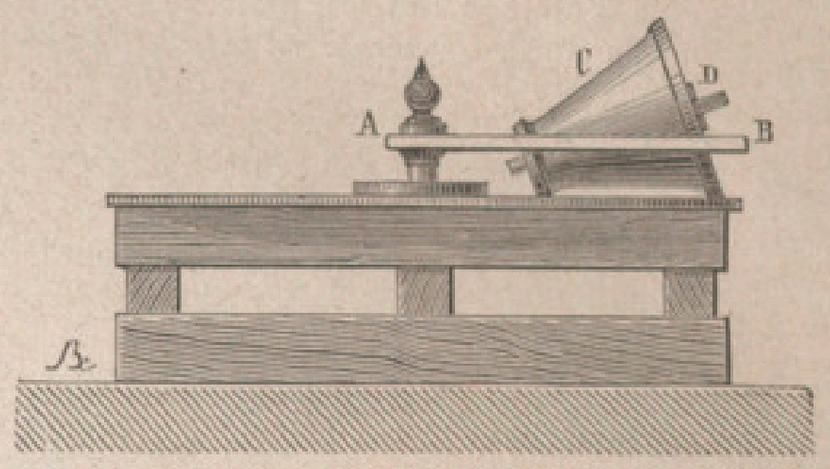


Fig. 1972.

que le tronc de cône puisse s'élever au-dessus de la pâte; dans le même but, sa surface latérale est légèrement en retrait par rapport aux deux circonférences de base.

L'action de cet appareil transforme le morceau de pâte qu'on a mis sur le plateau en une feuille rectangulaire allongée, d'une épaisseur de 0,02 tout au plus. On l'enlève alors à bras, et on la porte à côté, sur l'appareil suivant (fig. 1973), où on la dépose en A sur une toile sans fin, laquelle l'entraîne vers les laminoirs B et C. Le laminoir B présente un rebord de 5 à 6 centimètres, destiné à empêcher la pâte de déborder. De là la pâte, qui est assez compacte pour ne plus se rompre, descend en s'appuyant contre le galet D, et elle passe entre deux nouveaux laminoirs, qui lui donnent son épaisseur définitive (E et F). Sous ces nouveaux laminoirs se trouve une nouvelle toile sans fin GH, sur laquelle un ouvrier place constamment en G, des planchettes de dimensions convenables. Sous l'action de la toile ces planchettes sont entraînées vers la droite, et elles reçoivent les lames de pâte en arrivant à l'aplomb des laminoirs. La pâte est ensuite soumise à l'action de la brosse K, qui la dessèche et la débarrasse de toute folle farine; lorsqu'elle arrive en H, elle est enlevée à la main.

Les toiles sans fin, les laminoirs, la brosse, etc., sont

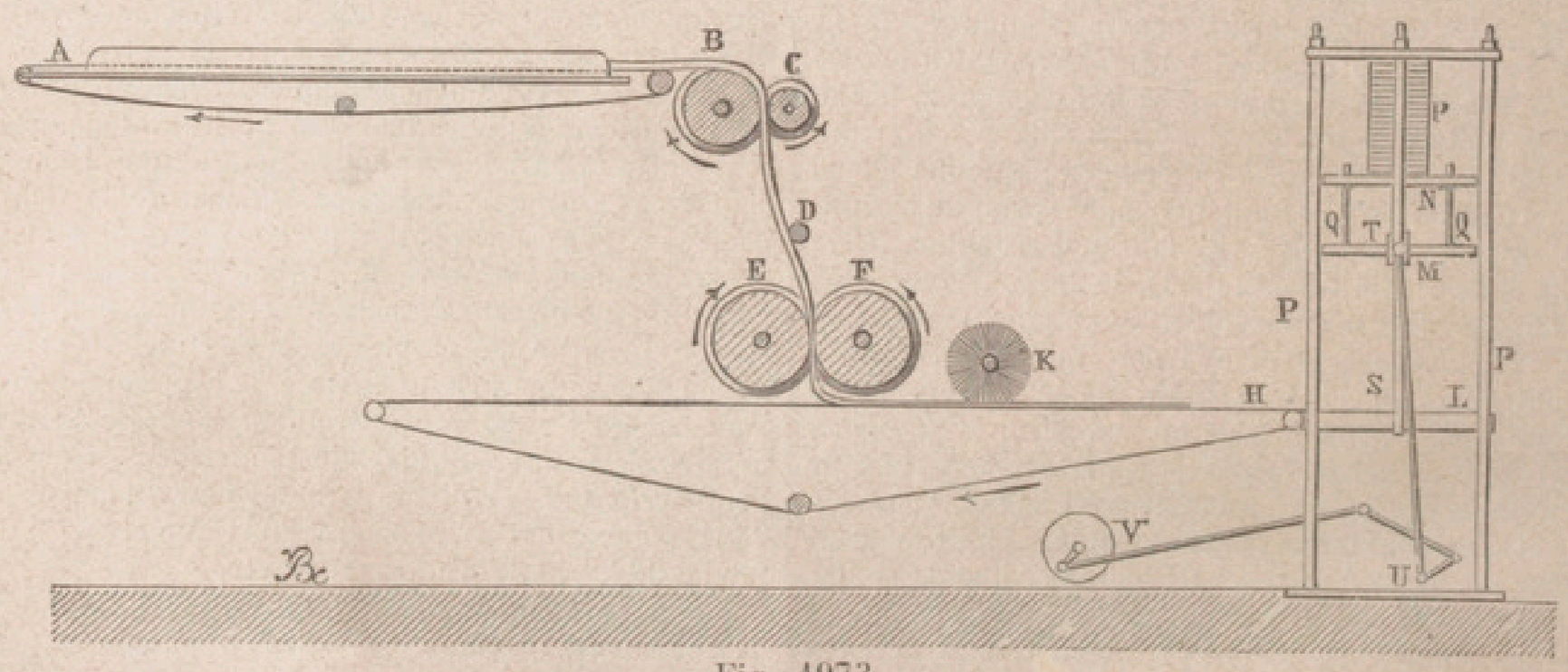


Fig. 1973

actionnés par des engrenages qui ne sont pas représentés dans la figure.

L'ouvrier qui enlève les planchettes recouvertes de pâte lorsqu'elles sont arrivées en H, les place aussitôt sur la table du coupe-pâte piquoir, en L. Là, la pâte est découpée en galettes de 14 centimètres de côté, dont chacune est percée de 64 trous tronconiques, par l'action du plateau M qui monte et descend alternativement avec une rapidité assez grande, et dont la

surface inférieure présente en relief le dessin qu'on imprime en creux sur la pâte. Ce plateau M est commandé par l'arbre V, par l'intermédiaire de la tige TU, d'un levier du premier genre, d'une bielle et d'une manivelle qui ont pour effet de transformer le mouvement circulaire continu de l'arbre en un mouvement vertical alternatif. La tête de la tige TU s'articule avec le plateau M par une glissière qui monte ou descend le long de la tige S.

Le plateau M porte supérieurement huit petites tiges Q Q; sur la tête desquelles est posé un autre plateau, contre lequel réagit un ressort puissant formé par la superposition d'un grand nombre de plaques de caoutchouc rectangulaires, et prenant appui, au sommet de l'appareil, sur un dernier plateau soutenu par un bâti porté par des colonnes. Ce ressort est destiné à adoucir les chocs et à supprimer les points morts.

Cet appareil est servi par six ouvriers et peut débiter 200 quintaux de pâte en douze heures. Lorsqu'elles en sortent, les galettes sont ébarbées à la main, et l'on y imprime, au moyen d'un tampon à main, l'indication du mois, de l'année et du lieu de la fabrication, ainsi qu'une marque de fabrique spéciale.

Cuisson. — La cuisson du biscuit s'exécute dans des *fours*, c'est-à-dire des vases clos à parois épaisses, en forme de voûte surbaissée, recouvrant une sole horizontale. Nous avons donné plus haut des détails suffisants sur les fours; nous ajouterons seulement ici que les fours employés à la manutention de Paris sont de deux modèles différents, mais tous en briques. Les derniers construits, ou fours de campagne, peuvent contenir 27 planches de 12 biscuits, ou 20 planches de 16 biscuits, comme les fournit le second appareil déjà décrit. Tous les fours sont contigus, devant chacun d'eux est une rigole où se tiennent les ouvriers.

Dans la cuisson du biscuit, on se propose surtout de dessécher complètement la pâte, de manière à rendre la ration plus légère et à en assurer la conservation. C'est pour obtenir ce résultat que chaque galette est percée d'un grand nombre de trous; dans le même but, on chauffe moins le four que pour le pain, de manière à ne pas surprendre la pâte, et à éviter la formation d'une croûte qui enfermerait l'eau à l'intérieur. La durée de la cuisson est plus longue, et varie de 50 à 60 minutes.

La dessiccation du biscuit est loin d'être complète au moment où il sort du four; pour l'obtenir on le soumet à un *ressuage* d'une huitaine de jours dans une étuve convenablement chauffée et aérée. On obtient le même résultat, d'une manière plus simple et plus économique, en plaçant le biscuit sur un lattis disposé au-dessus de l'extrados des fours, dont on utilise ainsi les chaleurs perdues.

Enfin, lorsque le biscuit est parfaitement ressué, on le range avec soin dans des caisses rectangulaires en bois blanc, dont le poids ne dépasse pas 50 à 60 kilogrammes pour ne pas excéder la charge d'un animal de bât. Ces caisses sont marquées du lieu de la fabrication, on y inscrit de plus la date, le poids brut de la caisse, le poids réel de biscuit et la tare de la caisse; toutes indications indispensables, parce que les distributions de biscuit se font au poids et non à la ration.

En résumé, cette étude de la fabrication du biscuit qui n'est pour ainsi dire que la description des procédés suivis à la manutention du quai de Billy, nous fait voir qu'on a employé autant que possible le travail mécanique dans tout le cours des opérations. Il en est ainsi pour la conservation, le nettoyage, le transport et la mouture du blé, de même que pour le blutage et le pétrissage. A ce sujet, on doit dire que le pétrissage à la machine est un véritable progrès à tous les égards, progrès auquel les récents perfectionnements apportés aux pétrins mécaniques permettent d'assurer le plus grand avenir. Les inconvénients du travail à bras, le seul qui ait existé jusqu'en 1867, ont à peine besoin d'être indiqués; d'abord il éprouve extrêmement la vigueur de l'homme, et l'épuise par la transpiration, sa régularité est peu assurée, enfin sa malpropreté est incontestable et dégoûtante pour ceux qui ne croient pas que la cuisson purifie tout. Le reste du travail, compression de la pâte et découpage en galettes, s'exécute aussi mécaniquement d'une manière régulière et rapide.

On arrive, dans cette fabrication, à réunir sous un petit volume la plus grande quantité de substances nutritives que le froment puisse donner, afin de ne pas encombrer les troupes en campagne et de charger le moins possible le sac du soldat. La ration de biscuit a moins de volume que celle de pain, elle a une forme plus commode, enfin, à égalité de principes nutritifs, elle pèse 4/15 de moins (550 grammes au lieu de 750).

Le biscuit convenablement préparé, est parfaitement sec, dur, sonore, sa cassure est nette et présente des fibres convexes très marquées entre les différents trous. Dans ces conditions, il peut se conserver plus d'une année; mais c'est une limite qu'on ne dépasse guère. Aussi comme on est obligé aujourd'hui d'en entretenir de grands approvisionnements dans les places, est-on obligé d'en mettre de temps en temps en distribution pendant la paix, ce qui ne fait jamais plaisir au soldat, mais peut l'habituer à son régime de campagne.

Le rendement en biscuit est assez variable suivant la qualité des farines: on sait, du reste, que les comptables des manutentions ne sont pas astreints à produire un rendement déterminé. En moyenne 100 kilogrammes de farine de blé tendre fournissent 184 rations, pendant que la même quantité de farine de blé dur en donne 190. Si l'on se reporte aux taux de blutage qui ont été indiqués plus haut, on peut conclure de ces nombres que 100 rations sont fournies par 70 kilogrammes de blé tendre ou 61k,5 de blé dur.

De l'adultération du pain. L'introduction dans le pain de substances salines nuisibles à la santé ayant lieu assez souvent, les chimistes se sont occupés des moyens de reconnaître ces additions de sel vénéneux. C'est à Kuhlmann, de Lille, qu'on doit les procédés suivis pour arriver à ce but; nous nous contenterons d'en dire quelques mots en faisant connaître les matières que les boulangers mêlent au pain.

A la suite des années 1816 et 1817, quelques boulangers de la Belgique et du nord de la France ont introduit dans le pain une certaine quantité de *sulfate de cuivre* en dissolution dans l'eau, un petit verre dans 125 kilog. de pâte; l'emploi de cet agent dangereux peut devenir fatal par la négligence d'un garçon boulanger; aussi est-il nécessaire d'empêcher cette opération qui pourrait, par suite d'une addition trop forte de cette liqueur dans la pâte, occasionner des inconvénients graves sur l'économie animale. Le sulfate de cuivre ajouté au pain, permet de se servir de farines lâchantes ou humides, de qualité médiocre.

Quand le gluten s'altère, il se ramollit, et l'acide carbonique qui se produit pendant la fermentation ne fait plus d'œils au pain, qui est lourd et moins blanc. Le sulfate de cuivre, dans la proportion de 1/30,000 du poids du pain, remédie à cet inconvénient; il agit par son oxyde de cuivre qui, avec le gluten, forme un composé insoluble rendant la pâte tenace, plus blanche et pouvant absorber plus d'eau, ce qui augmente le rendemens de 4 p. 100.

On reconnaît la présence du cuivre dans le pain en incinérant ce dernier, et traitant les cendres par l'acide nitrique; on se débarrasse des phosphate et carbonate de magnésie, en les précipitant par l'ammoniaque dont

on sature ensuite l'excès par de l'acide acétique, puis ajoutant du prussiate jaune de potasse, qui donne à la liqueur une coloration rose ou rouge, suivant la quantité de sulfate employé. Cette coloration est due à un précipité de cyano-ferrure de cuivre.

L'*alun*, à forte dose, joue le rôle de sulfate de cuivre ; en calcinant le pain qui en renferme, on trouve de l'alumine en forte proportion dans les cendres.

Le *carbonate de magnésie* et le *bi-carbonate de soude* ont été employés, en Angleterre, pour faire gonfler le pain, par l'acide carbonique qu'ils dégagent pendant la cuisson : la soude et la magnésie se retrouvent dans les cendres du pain qui renferme ces sels.

Le *sulfate de zinc* a été employé dans le même but que le sulfate de cuivre ; mais ses résultats ont été loin de répondre à ceux donnés par ce dernier, aussi ne l'emploie-t-on plus.

Plusieurs autres substances, telles que la craie, la terre de pipe et le plâtre, ont été employées pour falsifier le pain, en augmentant son poids et peut-être sa blancheur ; mais comme ces matières ne peuvent augmenter sensiblement le rendement de la farine en pain que quand on les emploie en grande quantité, on reconnaîtra toujours facilement cette fraude en incinérant un certain poids de pain et en pesant les cendres. KNAB.

PAINS A CACHETER (*angl.* wafers, *all.* oblaten). La pâte des pains à cacheter ordinaires se fait avec de la belle farine délayée avec de l'eau pure et froide pour en former une bouillie claire que l'on verse dans des moules métalliques, légèrement échauffés, semblables aux fers à gaufrer, et que l'on a graissés avec un peu d'huile ou de beurre pour prévenir l'adhérence de la pâte ; la feuille de pâte retirée du moule est ensuite découpée à l'emporte-pièce. On colore la pâte en rouge par le carmin ou, le plus souvent, par une décoction alunée de bois de Brésil ; en bleu, par une dissolution alcoolique de sulfate d'indigo ; en jaune, par du safran ; en noir, par un mélange de sulfate de fer et de noix de galle, en vert, violet, etc., par un mélange des couleurs précédentes.

On obtient les pains à cacheter transparents en dissolvant de la belle gélatine, de la *grenetine* par exemple, dans une quantité d'eau suffisante pour que le liquide se solidifie par le refroidissement ; on coule cette dissolution chaude sur une glace chauffée au moyen de la vapeur d'eau, légèrement enduite d'huile ou de beurre, et renfermée dans un cadre d'une hauteur déterminée par l'épaisseur de la feuille que l'on veut obtenir ; on pose ensuite sur le cadre une glace semblable qui fait sortir l'excès de matière, on laisse refroidir et on découpe à l'emporte-pièce la feuille obtenue.

PALAN. Sorte de *mouffle*. Voyez POULIE.

PALIER. Nom donné à l'ensemble d'un COUSSINET et de son support.

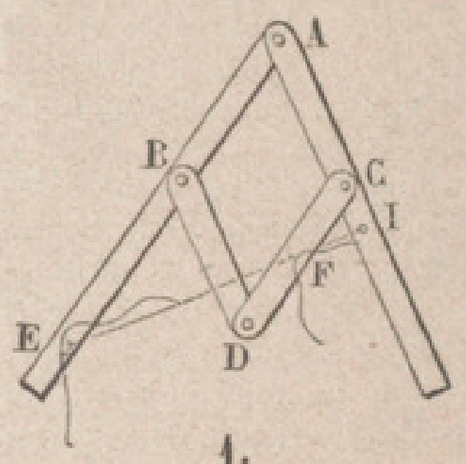
PALLADIUM. Métal découvert par Wollaston, en 1803, dans les minerais de platine. Il est d'un blanc presque aussi beau que celui de l'argent, très malléable, infusible à la température de nos fourneaux ; sa densité = 11,5. Il est inaltérable à l'air, même au blanc. L'acide nitrique et l'eau régale le dissolvent. On le sépare des autres métaux qui l'accompagnent en dissolvant le tout dans l'eau régale, et ajoutant du cyanure de mercure qui le précipite seul à l'état de cyanure insoluble que l'on lave et que l'on décompose par la chaleur.

On a trouvé depuis quelques années ce métal dans un grand nombre de minerais d'or et d'argent du Mexique. Sa rareté et, par suite, son prix très élevé en rendent l'usage très restreint. La propriété qu'il possède de résister aux émanations sulfureuses, sa blancheur, son beau poli l'ont fait employer avec succès à la fabrication d'instruments d'astronomie et de mathématiques, qui exigent une graduation exacte et délicate. Les dentistes font quelquefois usage d'un alliage d'environ 95 parties de palladium et de 5 parties d'argent. (Voyez PLATINE, *Complément.*)

PANORAMA. On donne ce nom à une perspective tracée sur une surface cylindrique verticale, à base circulaire, le point de vue étant pris sur l'axe même de cette surface, disposition qui procure un champ de vue bien plus étendu que les tableaux plans ordinaires.

PANTOGRAPHE. Le pantographe est un instrument qui permet d'obtenir une courbe semblable à une autre courbe, c'est-à-dire une deuxième courbe dans un rapport tel avec une première courbe que tous les rayons vecteurs qui leur sont menés d'un même centre soient dans un rapport constant, et les éléments de ces courbes semblables et semblablement placés.

L'instrument dont on se sert dans ce cas, et avec lequel les conditions établies ci-dessus sont satisfaites, est le pantographe (fig. 1) déjà étudié à MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE.



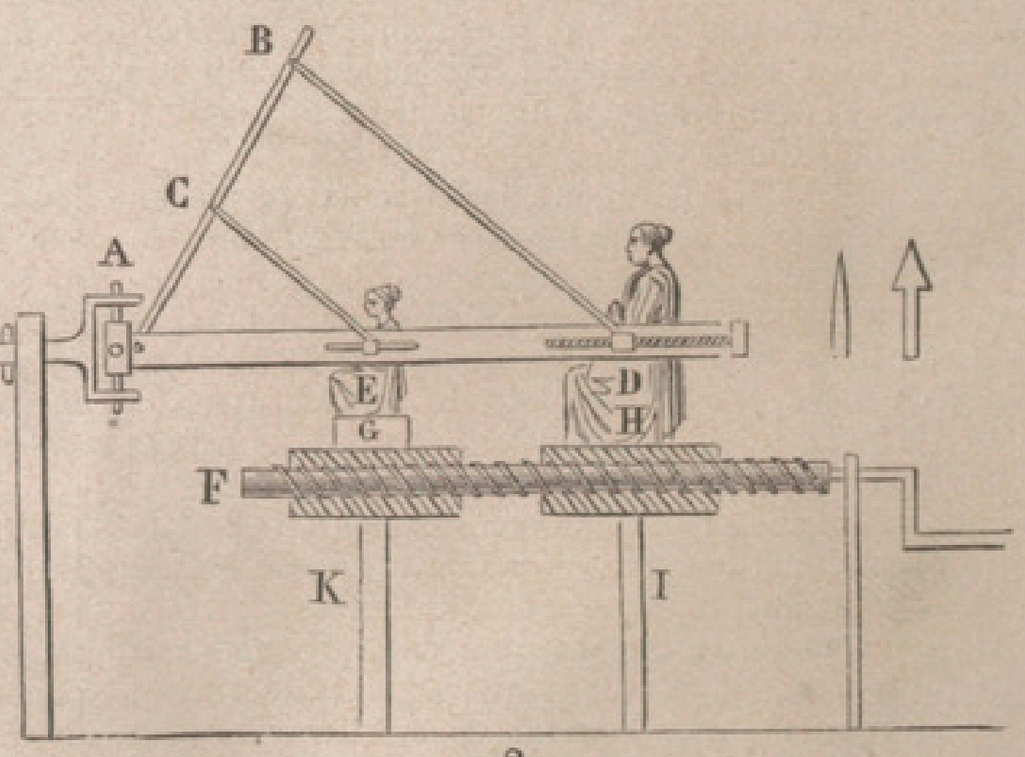
1.

Nous avons supposé, dans cette étude, que les courbes tracées sur un plan, mais on peut de même obtenir les courbes successives d'une surface, obtenir une surface semblable à une surface donnée. C'est ce qu'a réalisé M. Collas dans la machine avec laquelle il réduit les statues.

La fig. 2 en représente un croquis. Soit A D une barre en bois, dans laquelle sont pratiquées des rainures longitudinales dans lesquelles peuvent glisser dans l'une une touche, dans l'autre un outil. L'extrémité A de cette barre est terminée par un joint universel, qui lui permet de prendre toute direction. De cette extrémité part une bielle articulée B C, qui en porte deux autres articulées également, attachées l'une à la touche et l'autre au burin, et de longueur telle que l'on ait A C : A B : : C E : B D, que les triangles A C E, A B E soient toujours semblables.

Il en résulte que si l'on fait glisser le coulisseau de la touche sur la barre d'une petite quantité (ce que l'on fait à l'aide d'une vis pour obtenir de petits mouvements), le coulisseau du burin glisse aussi et dans le même sens ; et la touche et le burin traceront une succession de courbes toujours semblables et semblablement placées.

Il sera facile d'après cela d'obtenir la réduction d'une



2.

surface quelconque. En effet, plaçons devant la touche D un modèle H, supporté par un plateau garni d'une roue dentée ; et devant l'outil E une masse molle placée

sur un plateau garni d'une roue dentée égale à la première; ces roues dentées étant conduites par une même vis qui leur fait faire en même temps des rotations égales autour de leur axe, il est clair que si l'outil et la touche sont placés de manière à correspondre à deux circonférences dont les diamètres soient dans le rapport AC à AB, dans un tour complet des plateaux, il sera possible, à l'aide de ce système, de tracer sur les deux surfaces une infinité de courbes semblables, dans les plans méridiens du modèle et de la réduction; et en répétant l'opération dans une infinité de plans, en faisant tourner les plateaux à l'aide de la vis, d'obtenir la réduction de la surface modèle.

La réduction est non-seulement exacte théoriquement, mais encore comme cette réduction résulte de celle des lignes de grande courbure tracées par l'outil, elle donne les plus beaux résultats, parce que ce sont ces lignes qui représentent le mieux la surface, et que c'est leur perfection qui donne surtout à une statue sa valeur artistique. Aussi le procédé Collas est devenu la base d'un grand progrès dans les arts de reproduction.

PAPIER (*ang.* paper, *all.* papier). Les premières années de ce siècle ont vu faire un grand pas à la fabrication des papiers; bien que né en France, le mode nouveau y demeura presque oublié ou mal compris. Ce ne fut que lors de la paix générale, que nous songeâmes à reprendre des Anglais l'idée qu'ils commençaient à rendre féconde. Cependant il restait beaucoup à faire pour s'assurer une fabrication régulière; les organes mécaniques laissaient encore à désirer dans l'exécution, le choix et la distribution de leurs pièces. Ils durent être étudiés, et donnèrent lieu à un grand nombre de tâtonnements. Longtemps il en fut de même des manipulations des matières premières; l'apparition du blanchiment au chlore ajouta au trouble. Mais enfin, laissant de côté les procédés hasardés et les superfétations, on a été conduit à adopter une méthode générale, qui se complète et se simplifie chaque jour. C'est donc de ce point de vue que nous devons examiner la série d'opérations qui constituent la fabrication actuelle du papier de machine ou papier sans fin. Nous consacrerons ensuite quelques mots à la fabrication dite à la main ou à la forme, et nous terminerons par un coup d'œil sur l'ensemble de la fabrication.

La fabrication des papiers, on le sait, a pour objet la désagrégation des fibres textiles ou ligneuses, empruntées le plus généralement aux tissus végétaux, et de préparer une matière homogène à l'état de pâte possédant la propriété de se feutrer en feuille mince à texture uniforme, présentant des surfaces unies, une certaine ténacité et de la souplesse.

La matière ouvrable qui remplit le mieux les conditions de bonté et de beauté qu'exige le papier est celle qui peut se diviser en filaments d'une ténuité extrême, d'une grande longueur, eu égard à leur section transversale très-petite; lesquels, proportionnellement à cette section, résistent le mieux aux efforts de traction, et sont doués d'une flexibilité parfaite. Ainsi, on conçoit que pour une épaisseur donnée, aussi faible que l'est celle du papier, plus les filaments seront fins et contournés, plus il y aura de points de contact, soit d'attache, soit de frottement; l'étoffe en sera d'autant plus serrée et plus unie.

L'usage du papier suit une progression toujours croissante: il s'est accru aussi en s'étendant à des emplois très-divers; de sorte que la matière première, le chiffon, n'ayant pas suivi le même mouvement de production, l'on a été conduit à s'adresser à des matières brutes, c'est-à-dire non façonnées par les industries textiles. Les recherches ont dû se porter sur un grand nombre de végétaux de provenances et de caractères les plus variés. Le traitement préparatoire de ces succédanés est devenu un travail spécial. L'économie de leur emploi réside surtout dans une judicieuse appropriation de chacun d'eux aux qualités spéciales qu'exige le produit final.

D'après ce que nous venons de dire, nous devons reconnaître qu'il existe en abondance des matières filamenteuses renfermant dans leurs tissus organiques les éléments propres à la fabrication du papier, mais tellement associés entre eux que l'obstacle à leur emploi git uniquement dans la difficulté de les isoler sans attaquer leur organisation. Or, on se rendra facilement compte de la préférence que l'on continue à accorder à la matière ligneuse des vieux linges, si l'on considère par combien de traitements elle a dû passer, à partir de son extraction du végétal, et que la papeterie trouvant ainsi un véritable produit s'évite le travail des préparations antérieures.

La source des matières premières a donc deux origines distinctes. Nous parlerons d'abord, avec détails, de la principale.

Du chiffon. — Le chiffon à lui seul constitue un commerce important. Rien ne peut être fixe dans le classement de vente de cette marchandise: il varie forcément avec le lieu de provenance et le soin apporté par le marchand à un premier tri insuffisant à offrir une garantie de rendement déterminé. Le fabricant de papier a forcément un contrôle rigoureux à exercer sur ce point; il l'obtient facilement à l'aide du choix par classement uniforme propre à sa fabrication.

Les chiffons bruts sont donc reçus en fabrique grossièrement triés. On reconnaît ceux de bonne qualité aux caractères généraux suivants: ils sont en grandes pièces, peu usés, propres, parfaitement secs, et cependant pesants et souples sans mollesse, consistent principalement en toiles de lin et de chanvre, peu ou point de coton, ni laine, ni soie. Quant aux chiffons de grosses toiles grossières non blanchies, aux cordes, aux cotons colorés, etc., on recherche dans les uns les moins chargés de chenevotte; dans les autres, des teintes claires et fraîches. A cet égard, comme dans toutes les acquisitions de matières premières qui ne peuvent pas être titrées, toutes les données de ce genre sont insuffisantes sans l'expérience pratique.

La classification à adopter en fabrique est subordonnée à la qualité des chiffons employés, aux ressources locales et aux sortes de papier à fabriquer; d'après leur nature, la division se ferait par lin, chanvre, coton, laine, etc.; puis, d'après leur état, en plus ou moins neufs ou usés, en blancs ou colorés, combinaisons dont le nombre est arbitraire, comme on le voit, mais produisant une certaine série d'espèces bien distinctes.

Pour arriver à ce résultat, il faut préalablement avoir recours au *délissage* ou *dérompage*, opération qui consiste à découdre et couper les chiffons pour séparer ceux qui n'ont point d'analogie entre eux; il est à propos de mettre de côté les ourlets et coutures, comme parties moins usées et plus boutonneuses, surtout de détacher les boutons, agrafes, etc., et de faire tomber la poussière qui séjourne dans les plis et les coutures.

Tout en s'occupant du triage, on régularise, autant que possible, la dimension des chiffons en recoupant ceux qui excèdent une certaine grandeur; dans la plupart des fabriques ce travail est réservé à une machine. Ils doivent avoir environ 5 centimètres sur 10: trop grands, ils engorgent les cylindres broyeurs et retardent le travail; trop petits, ils se nettoient moins bien et font plus de déchet. Le coupage manuel et le choix s'opèrent à l'aide de l'installation suivante: sur une longueur proportionnée à la localité, sont disposés en ligne des bancs ou établis dont la tablette est en partie à claire-voie, divisée par de fortes traverses, et garnie d'une grille en fils métalliques ou en osier, distancés d'un centimètre. Si l'on doit travailler debout, la hauteur de ces établis est de 65 centimètres. Une lame de faux est passée dans une mortaise faite à une traverse et main-

tenue solidement par un coin de bois; le dos de la lame est tourné et incliné vers l'ouvrière; celle-ci prenant un chiffon entre le pouce et l'index tournés en dedans, le saisit ainsi des deux mains en l'appuyant sur le tranchant de la faux, elle lui donne un mouvement répété de bas en haut, parvient de la sorte et en variant convenablement à découdre les pièces, détacher les boutons, agrafes, etc. Les corps étrangers en poussière qui se détachent tombent à travers le grillage sous l'établi, et ne peuvent plus se répandre de nouveau dans le chiffon mis en main. La choisisseuse ou délisseuse jette au fur et à mesure, dans l'une des caisses placées devant elle, le chiffon qu'elle vient de couper, selon la qualité à laquelle il appartient.

Ce premier traitement, bien simple en lui-même et purement préparatoire, est celui qui exige le concours du plus grand nombre d'ouvrières. Leur travail demande non-seulement de l'adresse, mais, de plus, l'intelligence du toucher et du coup d'œil. Aussi une surveillance des plus soutenues est-elle indispensable pour obtenir de chacune d'elles un triage conforme aux types d'espèces adoptés, et partant, un résultat total toujours parfaitement constant et correct. Si, sur un système de classification bien entendu, on réalise ces bonnes conditions, on aura fait le plus grand pas vers la partie économique comme vers la perfection des produits. Par contre, les chiffons choisis et coupés avec négligence laissent des traces ineffaçables dans toutes les opérations ultérieures; ils sont ordureux, se lavent mal, se triturent irrégulièrement, moins promptement et avec plus de déchet, détériorent plus rapidement les cylindres et leurs platines, augmentent, en un mot, les frais en amoindrissant la valeur des produits.

En effet, si dans une masse de chiffons usés il s'en glisse de neufs, ceux-ci, résistant beaucoup plus aux actions mécaniques, produisent des paquets de filaments longs et clair-semés qui détruisent l'homogénéité de la pâte; au contraire, si la quantité de chiffons durs domine sur celle des tendres, ces derniers seront sacrifiés, c'est-à-dire tellement triturés, qu'ils s'échapperont en grande partie avec les eaux de lavage, et que le restant aura perdu sensiblement quelque chose des propriétés coercitives qu'ils doivent fournir au papier. De même, on conçoit comment beaucoup de chiffons propres peuvent être gâtés par un peu de chiffon sale, et comment une quantité no able de celui-ci n'est pas sensiblement améliorée par une partie minime de propres; le même raisonnement est applicable aux coutures, puisqu'elles diffèrent du *plat* en dureté et en propreté. Enfin, il est de toute évidence que le dommage causé aux machines sera d'autant plus considérable qu'il restera plus de substances dures dans les matières livrées à leur travail, telles que sable, fer, acier, cuivre, etc.

Pour fixer les idées à l'égard d'une classification, prenons toutes les sortes que peut fournir le commerce intérieur et divisons, d'après ce qui précède, comme suit :

CHIFFONS DE FIL (*chanvre et lin*).

Nos	1	blancs, fins, propres et usés.		
	2	»	»	» 1/2 usés.
	3	»	»	» non usés.
	4	»	»	sales.
	5	»	»	coutures et ourlets.
	6	»	gros, propres et usés.	
	7	»	»	» non usés.
	8	»	»	» traces de chenevotte.
	9	»	»	sales.
	10	»	»	coutures et ourlets.
	11	bleus,	fins.	
	12	bleus,	gros,	
	13	écrus, non chenevotteux, propres et mous.		
	14	»	»	» durs.
	15	»	»	» neufs.

16	écrus, non chenevotteux, gris de vétusté, brûlés.	
17	»	» coutures et ourlets.
18	»	légèrement chenev. (toiles d'emballage).
19	»	très-chenevotteux.
20	»	cordes blanches et ficelles.
21	»	cordes goudronnées.

CHIFFONS DE COTON.

22	calicot blanc, propre.	
23	»	» sale.
24	»	» ourlets.
25	mousselines et broderies.	
26	cotonnades écrues ou bises.	
27	»	colorées, pâles.
28	»	» foncées.
29	»	» roses.
30	»	» bleues.

EMBALLAGE.

31	toile de jute.
32	» de phormium.

CHIFFONS DE LAINE.

33	chaîne, fil et trame laine.
34	divers non feutrés, feutrés et piqués sur toile, etc.

La soie et certaines laines seront expulsées, ainsi que beaucoup d'autres matières qu'il est inutile de signaler comme impropres à la fabrication; d'un autre côté, on trouvera à employer des substances filamenteuses non indiquées ici, telles que: déchets des filatures de chanvre, de lin et de coton, rognures de peaux non tannées, etc., et enfin, dans la plupart des cas, on aura quelque raison d'étendre à un plus grand nombre une partie quelconque de ces divisions, surtout si on se livre à une fabrication spéciale. Remarquons, en passant, que les toiles de lin sont plus tendres que celles de chanvre à apparence égale, qu'elles sont plus douces, moins solides et font plus de déchet, et que les toiles blanches d'étoupes sont généralement boutonneuses.

Les chiffons qui sortent du triage pour être mis en fabrication sont soumis à un contrôle que l'on nomme *grillage*, parce qu'il s'opère sur un cadre rempli par une grille en fils métalliques ou en osier, semblable à celles des bancs de délisseuses; sa dimension en longueur dépend du nombre des ouvrières qui doivent en faire le service; sa largeur est de 1m,20 environ; elle est maintenue à hauteur convenable par des tréteaux ou mieux au-dessus d'une caisse. Les ouvrières grilleuses, munies de ciseaux, sont placées de chaque côté dans le sens de sa longueur et se faisant face; le chiffon, pris à une extrémité de la grille, passe de mains en mains et doit arriver à l'autre bout, débarrassé de tout morceau étranger à la qualité que l'on retrie, de boutons et agrafes oubliés et d'une certaine quantité de poussière graveleuse à laquelle la grille livre passage. Quant à l'extraction de la poussière ou nettoyage à sec, la précédente opération est bien loin d'être suffisante; on a donc recours à un grillage mécanique; il s'effectue au moyen d'une sorte de blutoir, de loup, appelé aussi diable. La disposition, bien que variable, a pour but d'ouvrir le chiffon par un froissement violent et d'en faire échapper le plus possible les matières poudreuses dont il est chargé. Il consiste ordinairement en un cône à axe horizontal ou en un cylindre un peu incliné, dont la moitié inférieure est en tissu métallique très-solide à mailles de 7 à 10 millimètres d'ouverture; la moitié supérieure est un couvercle léger en bois. Dans l'intérieur de ce cylindre, qui est fixe, est disposé, sur le même axe, un cylindre mobile en bois dont la surface est pleine, et qui porte implanté sur toute sa circonférence, en suivant une hélice, des petites palettes en bois très-fort ou des broches de fer de 8 centimètres de longueur: le tout est porté par un bâti et fermé de toute part; des portes sont réservées pour le nettoyage. Le cylindre

PAPIER.

intérieur a un diamètre de 0m,60 et une longueur de 2m,40; le cylindre extérieur est de très-peu plus long avec un diamètre de 80 centimètres; leur inclinaison est d'environ 5° ou de 60 centimètres; on donne à l'arbre du cylindre intérieur un mouvement de rotation de 150 à 200 tours par minute. Les chiffons sont introduits par la partie supérieure du couvercle et ressortent, après avoir fait un grand nombre de révolutions, par l'extrémité opposée; il va sans dire que le tracé de l'hélice formé par les broches doit concourir, selon le sens du mouvement, à faire cheminer les chiffons de leur entrée à la sortie. La longueur des broches, leur distance entre elles et l'espacement des lignes d'hélices se déterminent d'après la nature du chiffon; soit, comme terme moyen, 6 centimètres entre les broches et 18 centimètres entre les hélices. Si on adoptait la forme conique, il ne serait pas nécessaire d'incliner l'axe; on chargerait le chiffon du côté du petit diamètre.

Pour les chiffons légers on peut établir un appareil moins pesant en construisant le cylindre ou cône à claire voie, le réduisant à des barettes saillantes analogues aux cylindres batteurs des céréales.

Toutes ces préparations à sec font faire aux chiffons un déchet compris entre 2 et 5 pour 100, en les supposant pris à l'état brut sans humidité; car, dans le cas de séjour dans un local humide ou mouillé à dessein, ils supporteront facilement une surcharge qui pourra s'élever jusqu'à 7 pour 100 de leur poids en eau seulement, sans que, par le toucher, on puisse en reconnaître la présence. Du reste, quelles que soient les bonnes conditions dans lesquelles toutes ces matières peuvent être fournies, elles contiennent constamment, par le fait de leurs propriétés hygrométriques, quelques centièmes d'eau; cette propriété préexiste sans doute dans le papier, mais pas à un tel degré, surtout s'il est encollé: or, il faut aussi tenir compte de cette cause de déperdition, pour ne pas la confondre avec celles qui résultent réellement des agents de traitement.

Le travail manuel du coupage des chiffons peut se réduire aux séparations strictement indispensables au classement adopté, ou bien encore à les diviser en long par bandes seulement; une machine spéciale est chargée de les couper en petites pièces. Ce coupage n'a pas, comme le coupage complet à la main, le mérite de la régularité, mais il a celui d'offrir une économie sur les frais de main-d'œuvre, surtout dans le coupage des tissus grossiers très-durs, des cordes, ficelles, etc. Ces machines, exposées à des chocs, doivent être fortement membrées. La plupart des modèles sont à mouvements rotatifs, comme dans le hache-paille; la vitesse absolue des lames se règle de 6 à 8 mètres par seconde; un seul ouvrier suffit ordinairement à la fournir.

Les conditions du local doivent tendre à abréger la manœuvre du transport des chiffons triés partant des dépôts et à livrer coupés, soit au magasin général, soit à la secoueuse ou au lessivage.

Du lessivage des chiffons. La coction des chiffons a pour but de favoriser le départ des matières étrangères au ligneux, la plupart desquelles, comme la crasse et certains principes naturels, sont amenées à l'état de dissolution; quelques-unes sont désagrégées, et d'autres, telles que les substances colorantes propres ou artificielles, résistent en grande partie et ne sont que préparées à recevoir plus efficacement l'action d'agents d'un autre ordre. Cette opération, lors même qu'elle se pratique sans l'intervention d'un liquide alcalin, conserve encore la dénomination de lessivage.

Le lessivage a une influence remarquable sur la substance du papier; la blancheur, les colorations, l'encollage et la solidité en sont modifiés. En effet, le chiffon souillé d'une multitude de matières hétérogènes, qui, pour la plupart, sont grasses et acides, en offre quelques-unes qui résistent longtemps aux agents dissolvants; si donc on considère, entre autres, un pinceau de fibres enveloppé d'une sorte de vernis préservateur du genre dont nous parlons, le chlore devient sans action sur la matière colorante, une matière colorante nouvelle ne saurait y être retenue, la colle ne peut s'y fixer, et les filaments sont moins serrés dans leur feutrage.

Nous avons aussi à constater l'action décolorante, peu puissante il est vrai, du lessivage; il faut donc avoir l'attention de diminuer ou de supprimer l'emploi des alcalis lorsqu'on voudra conserver les couleurs; si, au contraire, on voulait utiliser cette propriété, deux lessivages consécutifs, le premier à la soude, le second à la chaux, pâliraient et dissoudraient un grand nombre de teintes.

Cette préparation pratiquée d'une manière toute primitive, tant que l'application en a été limitée aux chiffons simplement salis, a dû se modifier dans les appareils et le dosage des dissolvants, au fur et à mesure que les nécessités de la production ont conduit à s'adresser aux tissus écrus et grossiers. Ce premier pas fut un acheminement aux transformations des matières ligneuses absolument brutes, qui, jusque-là, n'étaient pas acceptables dans la fabrication du papier. De là, des tentatives dont la persévérance a donné naissance à des procédés devenus la clef de la fabrication des produits succédanés.

Les conditions générales de l'opération sont les suivantes: — chauffage en vase clos, — température depuis 100° jusqu'à 150°, — durée de 6 à 12 heures, — doses de dissolvant alcalin de 2 à 20 pour 100 de la matière traitée.

Connaissant la nature et la proportion de matière autre que la fibre ou cellulose à dégager, on possède les données qui permettent de fixer le degré d'alcalinité et de température convenable à la saturation ou la désagrégation des substances à expulser sans altération de la fibre utile. Il convient aussi, parfois, de conserver des principes pectiques qui communiquent des qualités parcheminées que l'on recherche dans quelques papiers. La durée de l'action est étroitement liée à l'état physique des filaments; dans les matières neuves ils sont encore en faisceaux serrés et solidaires, pénétrables successivement couche par couche.

Les appareils de lessivage sont des autoclaves fixes ou mobiles, chauffés à feu nu ou par introduction de vapeur. Le système rotatif est le plus généralement adopté, donnant le moyen d'agiter continuellement les chiffons dans la lessive chaude. L'autoclave est sphérique ou cylindrique, tournant sur son axe de figure; il est porté par deux forts tourillons à presse-étoupes, donnant passage à l'eau ou à la vapeur, soit pour l'entrée, soit pour la sortie, par une introduction munie de robinets affectés à chaque service et de telle façon, qu'il soit loisible d'intervertir la direction du courant de la vapeur et celui de l'eau qui peut être employée au rinçage. Ce renversement de courant permet de poursuivre l'opération, lorsqu'une obstruction des tuyaux en interrompt la marche. La rotation est de 1 à 2 tours par minute suivant le diamètre du lessiveur. La forme sphérique offrant plus de résistance à la pression que la forme cylindrique, convient aux hautes pressions: l'évacuation en est plus prompte. Par contre, le cylindre imprime aux chiffons un mouvement de déplacement plus uniforme dans le bain de lessive. L'action du courant de vapeur y est aussi plus régulière et un peu plus prolongée. Le chargement et le déchargement s'effectuent par un ou deux trous d'homme. La charge en chiffons légers peut être pleine sans inconvénient, ils s'affaissent bientôt; en chiffons lourds, tels que cordes, ficelles, toiles goudronnées, il convient de leur ménager un espace libre dans lequel ils puissent se déplacer en descendant la pente que le mouvement de rotation produit et renouvelle continuellement. L'addi-

PAPIER.

tion d'un autoclave monte-jus ou d'une pompe foulante à ces appareils permet en marche le renouvellement

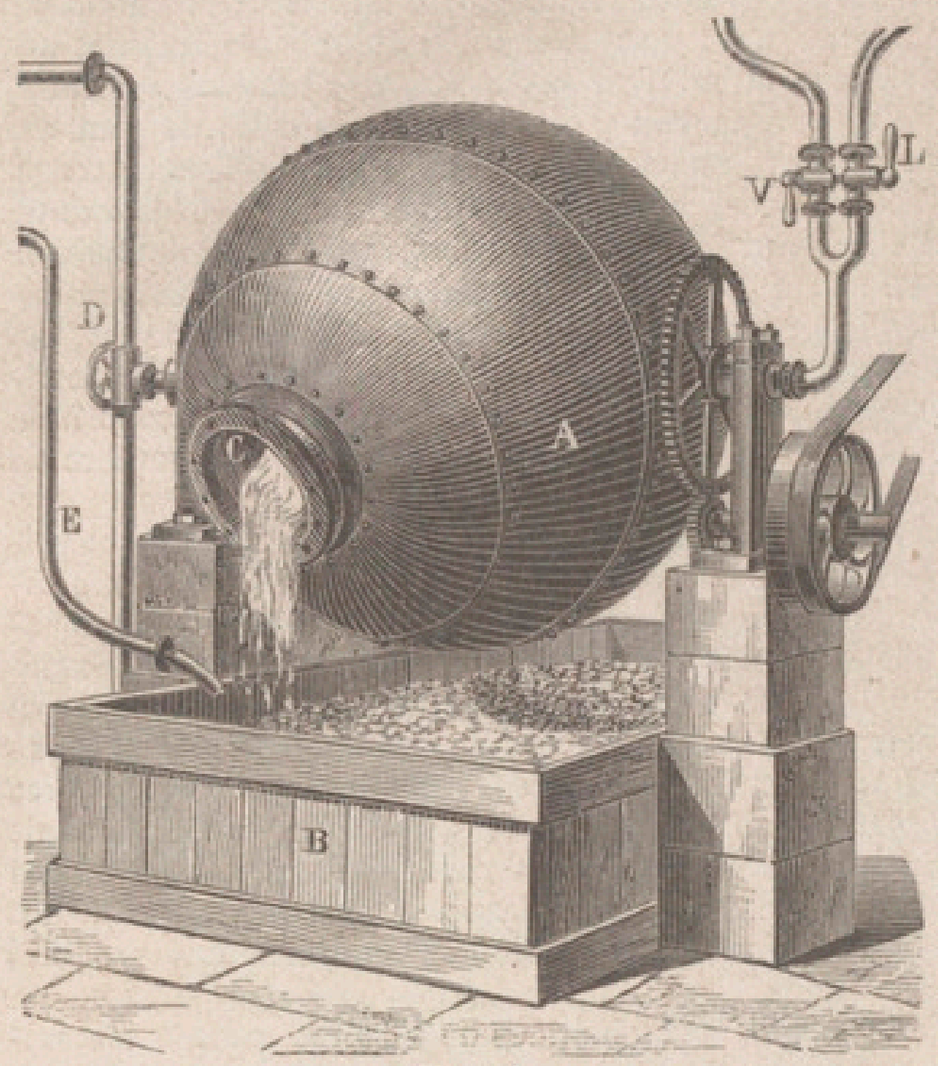


Fig. 1.

de la lessive, ou par charges fractionnées de dissolutions différentes ou d'une manière continue pendant toute la durée de l'opération.

Avant d'évacuer l'appareil, le chiffon peut y recevoir également un lavage préalable à l'eau chaude. Introduite par l'un des tourillons, elle chasse devant elle la lessive chargée qui s'échappe par le tourillon opposé. Le réservoir d'eau est entretenu à une température suffisamment chaude, par le passage des vapeurs d'échappement du lessiveur, dans un serpentin plongé dans l'eau. Cette vapeur entraîne avec elle des particules de chiffon et de la lessive colorée qui, si elle était envoyée directement dans l'eau, contribuerait à salir des opérations ultérieures composées de chiffons d'une classe supérieure. Nous croyons devoir insister sur le mérite d'un lavage à l'eau chaude, fût-il incomplet. Il favorise le départ des substances dissoutes avant que, par le refroidissement, il ne s'en soit déposé une notable proportion sur le chiffon même, d'où elle n'est enlevée plus tard qu'au prix d'une dépense de temps, de force motrice et de matières.

La chaux et le carbonate de soude du commerce sont les alcalis les plus en usage. La soude caustique s'obtient de leur mélange par parties à peu près égales.

La chaux n'assouplit pas les chiffons fins; elle modifie les substances incrustantes et pectiques des végétaux qui n'ont pas subi de rouissage, en leur donnant un caractère pulvérulent qui en permet le départ lorsque, soumises à l'écrasement, elles sont largement léviguées;

Ne dissout ni les corps gras, ni les résineux;

Ne dissout pas la plupart des teintures en rouge;

Dissout les teintes bleues à l'indigo ou au bleu de Prusse;

Dissout la laine avec dégagement d'ammoniaque.

Le dosage de la chaux varie entre les chiffres suivants: 2 à 6 p. 100 du poids des toiles bleues, cotons bleus, cotons colorés; 5 à 10 p. 100 pour les toiles écrues, toiles chenevotteuses, cordes, ficelles; 10 à 15 p. 100, pour les cordes goudronnées, pour concréter le goudron.

Le carbonate de soude dissout la plupart des corps gras et résineux, les matières incrustantes, albuminoïdes, pectiques, etc.; les teintures en rouge, attaque moins énergiquement les teintures en bleu. Il agit graduellement sur les corps dont il se sature en abandonnant successivement son acide carbonique.

Le carbonate de soude, *sel de soude* du commerce, s'emploie généralement dans des proportions insuffisantes à un parfait lessivage; le prix de ce sel impose des limites de doses, surtout dans les sortes grossières ou neuves, qui ne peuvent être atteintes économiquement qu'à la condition d'en régénérer la soude.

Les toiles blanches ou bleues, les cotons bleus, les cotons colorés indiennes, gris et noirs, se traitent par 3 à 6 p. 100 de sel de soude; les toiles écrues, cordes, ficelles déchets de filatures coton ou lin, de 4 à 8 p. 100; les cordes goudronnées 10 à 15 p. 100. Dans la marche à deux lessivages ou à renouvellement, il y a souvent à lessiver à la chaux d'abord, à la soude ensuite. Le dosage de la soude peut alors être réduit de moitié. La même indication est applicable à deux lessivages séparés par lavage énergique ou effilochage; traitement qui s'approprie aux matières neuves, très-résistantes et que l'on tient à amener à l'état parfait de pâte propre à recevoir convenablement le blanchiment, le collage ou les colorations.

La soude caustique a une action plus prompte que celle du carbonate de soude: elle dissout plus sûrement les corps gras, résineux, et attaque vivement les matières neuves.

A proximité du lessivage ou des cylindres défileurs un emplacement est réservé au rinçage des chiffons lessivés. Cette opération paraît des plus simples et semble se réduire à un dispositif des plus élémentaires, à en juger par la facilité avec laquelle elle se pratique manuellement pour le linge. Cependant, toutes les conditions auxquelles elle a à satisfaire ici se font obstacle les unes aux autres; surtout, s'il s'agit d'un seul appareil passant indifféremment des sortes très-diverses de chiffons.

Le rinçage se pratique à l'eau chaude: 50 à 60 degrés suffisent; l'eau froide précipite sur le chiffon une partie des matières dissoutes, elle resserre les tissus et durcit les filaments. L'emploi de l'eau chaude étant limité, dans une mesure économique, il faut ne rien laisser perdre du calorique distribué par la vapeur surabondante, soit aux lessiveurs, soit au séchage du papier, soit encore à un moteur à vapeur à échappement libre; ces vapeurs sont dirigées dans un serpentin ou tout autre dispositif à condensation par surface, isolant la vapeur de l'eau à échauffer, la condensation directe mêlant à l'eau les résidus du graissage intérieur de la machine à vapeur. Ayant donc à tirer tout le parti possible de l'eau chaude, il convient d'appliquer au rinçage une marche méthodique, c'est-à-dire telle que l'eau qui est fournie soit dirigée sur les chiffons dont le rinçage se termine et qu'elle ait sa sortie là où commence l'immersion des chiffons lessivés; d'où, deux courants en sens inverses: les chiffons cheminant de l'eau sale à l'eau claire, et l'eau allant à la rencontre des chiffons et se chargeant de plus en plus d'impuretés. Ainsi se trouve entraînée la majeure partie de la lessive saturée; mais il faut ménager aux corps flottants un départ indépendant de celui des chiffons. Les matières plus denses que l'eau, le sable, les parcelles métalliques, etc., se déposant dans le trajet, traversent un double fond perforé, où elles demeurent séparées des chiffons et d'où on les extrait facilement.

L'écrasement ou l'effilement des chiffons doit être évité, les fils isolés s'échappent avec l'eau, ou, s'ils restent, ils réunissent et retiennent des parties pulvérulentes en suspension. Cependant la pression ou le choc, convenablement exercés, expulsent du chiffon les parties solubles retenues dans son tissu, en détachent les corps restés adhérents ou logés dans ses replis.

Ces conditions réunies ont pour conséquence une amélioration notable de toutes les manipulations ultérieures, et, finalement, celle du produit. La trituration marche plus rapidement, le chiffre de déchet en est abaissé, le

blanchiment réussit mieux, le collage est meilleur, les colorations sont plus uniformes, plus brillantes, la feuille de papier plus résistante, etc. Nous ajouterons que le fonctionnement des cylindres y gagne également, l'entretien des lames est moins fréquent.

Les laveurs les plus fréquemment employés sont les tambours, en partie immergés, des laveurs de laines, ou simplement des piles de cylindres appropriées à ce service, par un rouleau et une platine à lames non tranchantes, longues et très-espacées, un double fond perforé de tôle ou de cuivre. Ici, l'obligation d'user largement de l'eau ne permet plus de l'employer chaude. Ce lavage suffirait à des chiffons secs si, pour plus de soins, il était jugé utile avant le lessivage.

Défilage des chiffons. Ici commence la fabrication proprement dite: il s'agit de changer la forme de la matière première, détruire des tissus, désassocier des fibres textiles, les nettoyer totalement, puis les mêler entre elles de telle sorte qu'elles ne se présentent plus que sous l'apparence d'un tout homogène. On désigne ce produit par les noms de *pâte*, dont on fait une distinction d'après son degré de trituration, en *défilé* ou demi-pâte, et en *raffiné* ou pâte. La pile de cylindre est l'appareil dont la disposition concourt à produire ces résultats : donnons une idée de sa construction.

Suivant les localités, la cuve de la pile est construite en bois, en pierre, en ciment ou en fonte: les bois résineux sont préférés; la pierre taillée, ainsi que la maçonnerie au ciment, ne sont praticables que sur des points d'appuis exempts de flexion, le sol, un massif, une voûte. La fonte réunit l'élégance à la solidité; mais il est indispensable, pour éviter la rouille, de la revêtir intérieurement d'une doublure en plomb laminé, ou mieux, en cuivre rouge. En effet, tout contact de la pâte avec le fer doit être évité, si on ne veut la voir ternie par la rouille, circonstance qui devrait faire écarter l'emploi des lames d'acier, notamment dans les piles *raffineuses*.

Le cylindre A (figures 2 et 3) garni de lames est mis en mouvement par la roue B, montée sur son arbre C, lequel tourne dans deux paliers dont un fixe D, et l'autre à coulisse E, tous deux fixés sur des consoles fondues avec les parois de la pile F. Celle-ci est divisée selon sa longueur par une cloison G. Le côté qui reçoit le cylindre A est garni de deux plans inclinés *ff'* et *gg'*; dans les masses de bois formant ces deux plans, est ménagée une rainure quadrangulaire qui reçoit la platine H, composée de lames liées entre elles par des boulons. Une autre rainure, le sablier, pratiquée en N, est recouverte d'une plaque de cuivre percée de petites fentes, dirigées en tous sens, au travers desquelles passent le sable, les épingles, boutons, etc., qui peuvent se trouver dans les chiffons. La paroi intérieure de la pile est percée en *n* pour donner passage aux ordures; pendant le travail, cet orifice est fermé par un bouchon. Le cylindre A est recouvert par une caisse en bois J, appelé *chapiteau*, qui porte quatre châssis en bois, dont deux K garnis de toiles métalliques pour laisser passer l'eau et retenir la pâte, et deux autres K' pleins ou faux châssis, pour suspendre, au besoin, le service des deux premiers. L'eau est reçue dans les *dalots* ou *chéneaux k* d'où elle se rend au dehors par les conduits L. Un robinet en R sert à l'alimentation de la pile F, qui est remplie d'eau au moins aux trois quarts, soit par le dessus, soit par un conduit débouchant au fond de la pile. C'est entre les lames de la platine H et celles du cylindre A que s'opère la trituration du chiffon, ces dernières font aussi office de palettes; par leur mouvement elles entraînent, dans l'intervalle qui existe entre elles, un certain volume d'eau et de chiffons, que la force centrifuge due à la rotation rapide du cylindre lance contre la voûte du chapiteau J et contre les châssis K, qui, comme nous l'avons dit, laissent passer l'eau et arrêtent les chiffons; ceux-ci, dont une grande partie descend le plan incliné *g g'*, retombent tous dans la pile. En très-peu de temps le mouvement du cylindre A élève beaucoup de chiffons et d'eau dans cette partie de la pile, tandis que de l'autre côté il y a abaissement; la tendance à l'équilibre communique aux matières un mouvement circulatoire lent, qui les fait passer du plan incliné descendant autour de la cloison G, elles vont atteindre le pied du plan incliné *f f'* et passent ainsi entre la platine et le cylindre jusqu'à ce qu'elles soient réduites en pâte. C'est pour remplacer l'eau expulsée par les châssis, et qui est chargée des saletés du chiffon, que l'on introduit continuellement par le robinet, dans la pile, une quantité à peu près égale à celle qui sort par les châssis K, et qui est rejetée au dehors par les conduits L. Lorsque le chiffon est suffisamment lavé et trituré, il est envoyé par le conduit M que ferme une soupape, dans des caisses où il s'égoutte, ou, s'il y a lieu, au réservoir d'alimentation de la machine à papier.

Fig. 3.

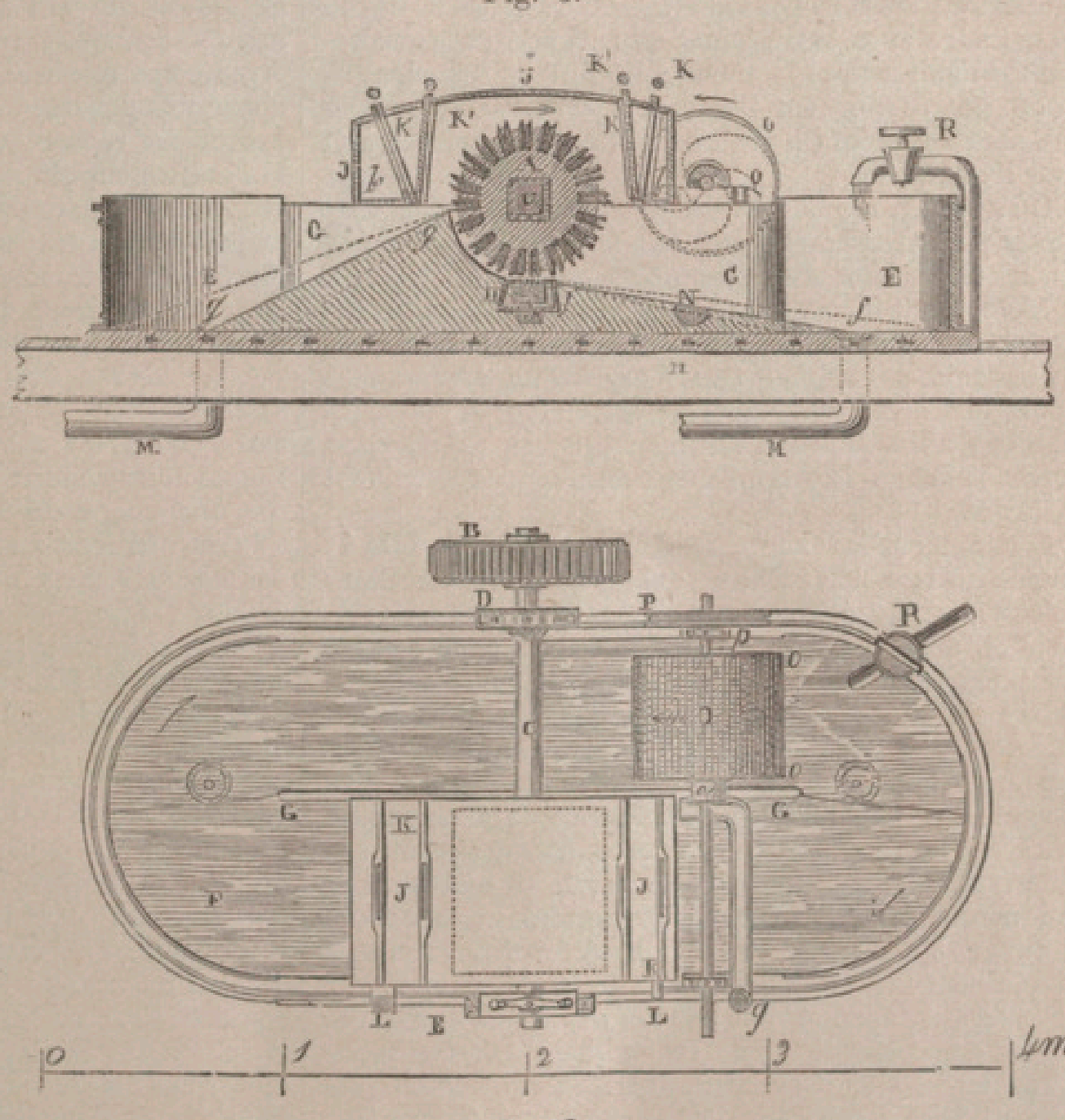


Fig. 2.

Le palier à coulisse E n'a de mobilité que dans le sens

vertical; le mouvement est donné par une manivelle; elle porte sur la partie supérieure du palier et sert d'écrou à une vis qui traverse la partie supérieure du palier, son extrémité inférieure est liée à une fourchette qui, elle-même, fait corps avec le coussinet; celui-ci glissant entre les coulisses du palier entraîne l'extrémité de l'axe du cylindre.

La platine H est composée de lames d'acier réunies par des boulons; elle est maintenue solidement par des coins en bois dans une boîte en fonte H appelée contre-platine, elle est en forme de queue d'aronde, se fixe dans l'épaisseur du fond de la pile dans une rainure de même forme; le bout de cette boîte traverse la paroi en fonte et fait saillie à l'extérieur, elle est maintenue par un coin ou bouchon en bois qui sert aussi à fermer l'ouverture donnant passage à la contre-platine; celle-ci est parallèle à l'axe du cylindre, mais la platine est inclinée par rapport à cette ligne de 25 à 30 millimètres; l'extrémité tranchante des lames est taillée concentriquement à la circonférence du cylindre, et l'inclinaison de leur tranchant affûté en biseau doit être dirigée en sens inverse de celles des lames du cylindre.

Les lames de cylindre sont fixées dans des rainures faites, suivant le rayon, dans un noyau en bois d'orme ou de chêne à égale distance sur la périphérie et parallèlement à l'axe. Pour la *défileuse*, chaque rainure reçoit deux lames, elles y sont fixées à l'aide d'un coin qui est enfoncé entre elles, et maintenu fixe par des pointes qui vont s'attacher dans le bois du cylindre; de plus, des entailles sont ménagées à leurs extrémités, ainsi que dans le bois, de manière à former un espace annulaire vide qu'une forte frette vient remplir; ainsi toutes les lames se trouvent reliées ensemble et fixées au bloc cylindrique en bois. On établit aussi en fonte le noyau de cylindre avec entre-lames en bois rendues parfaitement solidaires avec le noyau; l'avantage principal de cette construction sur l'autre est de pouvoir enlever aisément les lames du rouleau, soit pour les affûter, soit pour les changer.

On ajoute à la pile le *tambour-laveur*, lorsqu'on veut élaver plus abondamment; il fait faire moins de déchet que les châssis des chapiteaux.

L'emploi de deux tambours-laveurs est préférable encore, sans exclusion des châssis des chapiteaux, surtout si l'on traite des chiffons très-chargés d'impuretés: dans ce cas l'on arrête le lavage par les châssis, au moment où l'eau n'est plus sensiblement trouble, et on commence l'effilage. Les tambours continuent et terminent le lavage.

Le tambour-laveur O, que commande la poulie P, tourne sur les petits paliers *p* qui reçoivent les tourillons de son axe; il reçoit son mouvement du moteur principal ou de l'arbre du cylindre, il fait 25 à 30 révolutions par minute, il est composé de deux cercles en cuivre *o o'* d'un diamètre à peu près égal à celui du cylindre, et de quatre feuilles courbées suivant la développante du cercle, et soudées aux cercles *o o'*, ainsi qu'à l'arbre. La circonférence est formée de deux toiles métalliques de grosseur différente et superposées; la plus grosse est à l'intérieur. Le cercle *o'* est percé à son centre, et à cette ouverture circulaire est soudé le tuyau o^2. Lorsque le cylindre A fonctionne et que le tambour-laveur tourne dans le sens indiqué par les flèches, comme une partie de sa circonférence plonge dans l'eau de la pile, les feuilles courbes en prendront une certaine quantité que les toiles métalliques laissent passer, et dans leur mouvement de rotation feront couler cette eau vers le centre; l'eau renfermée dans les compartiments des feuilles, ne trouvant pas d'autre issue que le tuyau o^2, sera versée dans la gouttière Q, qui, à son tour, la verse au dehors par le conduit vertical *q*. Dans le premier appareil de lavage, celui des châssis K, lorsqu'on veut cesser de laver, on abaisse les panneaux pleins K', et l'eau est forcée de retomber dans la pile au lieu de s'écouler au dehors. Avec le tambour-laveur il suffit de lever la gouttière Q, qui est mobile, et l'eau est également reversée dans la pile.

Les toiles fines qui couvrent les châssis sont ordinairement en numéros 60 à 70, celles des tambours en numéros 50 à 60. Les numéros plus fins seraient préférables, si les mailles ne s'obstruaient promptement: de plus, la finesse du fil qui suit celle du tissu, qui est en laiton, ne résiste pas suffisamment aux causes d'usure.

Les dimensions des diverses parties essentielles d'une pile de cylindre contenant 1,500 litres se règlent généralement comme suit et peuvent s'appliquer proportionnellement à des capacités différentes. Elle se charge par environ 75 kil. de chiffons; longueur de cuve, $3^m,60$; largeur, $1^m,60$; profondeur, $0^m,45$; diamètre du cylindre, $0^m,70$; largeur, $0^m,70$; nombre de lames 48, en 24 groupes de 2 lames ou par 16 de 3 lames. L'axe du cylindre a $0^m,50$ au fond de la cuve; hauteur de platine, $0^m,15$; largeur variant de $0^m,10$ à $0^m,15$, et pour un nombre de 5 à 15 lames; l'angle de croisement des lames du cylindre sur la platine 3 à 4 degrés. Le chapiteau: longueur, $1^m,45$; largeur, $0^m,82$; hauteur, $0^m,65$; inclinaison des châssis-laveurs, 83 degrés; distance du pied du châssis, côté de l'entrée de la pâte, $0^m,04$; du pied du châssis de sortie, $0^m,16$. Le poids total du cylindre est de 800 kil.

L'inclinaison et l'espacement des lames de la platine sur celles du cylindre doivent permettre à 2 ou 3 lames du cylindre de reposer sur la platine. Chacune de ces lames croise sur deux ou trois lames de la platine. Si, par quelque motif, il y a convenance à poser les lames de platine suivant l'axe du cylindre, il est facile de monter les lames, sur le cylindre, inclinées à son axe. Avec cette disposition, la platine n'a pas de surface à apparence gauche, le rabotage en est facile. Le poids du cylindre se répartit sur 4 à 9 points, lesquels produisent le cisaillement par l'arête vive des lames et l'écrasement par la partie plate ou épaisseur du biseau. La largeur de la partie plate est seulement de 2 à 3 millimètres; plus étroite, l'effet tranchant domine; plus large, c'est l'écrasement et l'étirage des filaments. La force motrice employée croit nécessairement avec cette surface de frottement; mais les pâtes y gagnent en qualité. La pression maximum est généralement de 1 kil. par millimètre carré de surface absolue de contact. Le cylindre fonctionne normalement à la vitesse 175 tours par minute, soit une vitesse de 6 mètres par seconde, développée à sa circonférence. La vitesse du courant de circulation des chiffons dans la cuve est d'environ $0^m,20$ par seconde.

Dans la construction des piles de cylindre, il est deux conditions qui favorisent leur fonctionnement:

1° Abaisser la platine en augmentant le diamètre du cylindre;

2° Ne pas augmenter la capacité de la cuve sur sa profondeur. Par là, le courant de circulation des chiffons est rendu plus rapide et plus régulier; le frottement des chiffons contre les parois et les remous dans les parties cintrées perdent de leur influence, les retards ou les arrêts de quelques parties du courant sont évités.

Nous ne saurions trop insister sur l'importance qu'il convient d'accorder à la nature du métal des lames. Au choix qui en est fait est attaché le degré de qualité et de quantité des produits. Les lames dures conviennent aux chiffons grossiers, les lames tendres aux chiffons fins. Cette donnée est comprise en d'étroites limites, car, toutes choses égales, les lames dures se polissent par le frottement, l'arête s'arrondit, le chiffon glisse pour ainsi dire sans être effilé, d'où nécessité d'entretenir les lames à taillant étroit, c'est-à-dire coupant et non étirant; les lames très-tendres se matent, le grain du métal

s'écrase, la surface sans être polie est pleine, l'arête manque de vivacité, les lames s'usent rapidement et exigent de fréquentes retailles.

Le défilage, ainsi que le mot l'indique, exprime bien l'idée de dissociation des fils ou filaments. En effet l'action de couper et écraser doit s'attaquer seulement aux groupes de filaments liés entre eux et ne plus atteindre le filament, dès qu'il est détaché à l'état rudimentaire. Si tout est bien conduit, celui-ci reste protégé entre les faisceaux qui présentent plus d'épaisseur et portent seuls l'effort des lames. Mais, il faut le dire, le travail du cylindre défileur ne doit pas être poussé jusqu'à effacer les dernières parties de ces groupes: le blanchiment ou le mélange des pâtes font renvoyer ce complément de division au cylindre raffineur.

Il y a là de la part des agents mécaniques un mode spécial d'action qu'il faut demander à un état permanent des surfaces de trituration: c'est-à-dire que la constitution soit telle que l'usure par la pression et la friction n'en change pas les fonctions érosives. Ce mérite est mis à profit dans les pierres meulières, le granit, le grès. Les métaux par leur agrégation plus homogène et leur malléabilité réalisent moins bien les conditions recherchées pour les moutures. Cependant, le bronze à cristallisation inégale de dureté, le fer d'une pâte spathique, les aciers corroyés offrent des points d'inégale dureté, de sorte que les veines ou grains durs se tiennent en saillie imperceptible, mais suffisante pour mordre en quelque sorte et étirer. L'état lamelleux est particulièrement favorable et nous ne saurions trop insister sur l'importance des résultats qu'il procure dans la fabrication des papiers.

On distingue encore deux autres genres de pile nommées l'une *blanchisseuse*, l'autre *élaveuse*, qui ont pour fonction de blanchir les défilés *à la pile* à l'aide d'un chlorure décolorant et d'un acide, de les laver ainsi que ceux qui sortent des blanchiments au chlore ou au bain de chlorure. Leur construction est légère et la force qu'elles emploient est à peine d'un cheval. Le rouleau est ordinairement garni de lames de bois; lorsqu'elles sont en bronze, on peut les approcher d'une platine usée, également en bronze; il en résulte une légère friction qui tend à faire dégorger le défilé, à en faire exprimer les matières colorantes et salines qui résident dans le défilé blanchi (fig. 4).

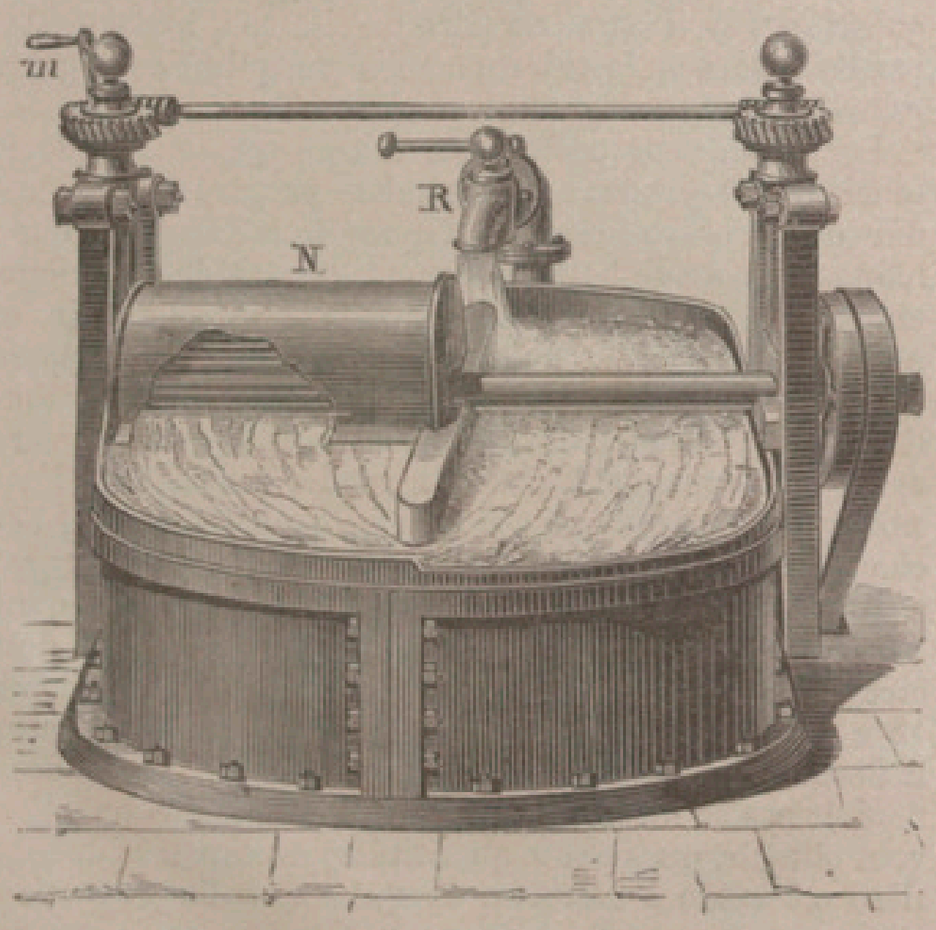


Fig. 4.

Les élaveuses sont munies de tambours-laveurs.

La réunion de plusieurs piles constitue une *batterie;* elles sont diversement distribuées, selon l'exigence des localités ou du travail. Tantôt les piles sont groupées de manière à se vider les unes dans les autres, ce qui épargne la main-d'œuvre lorsqu'on blanchit à la pile ou que l'on ne fait pas de mélanges de pâtes; tantôt chaque espèce forme une batterie particulière, entièrement indépendante des autres.

L'ouvrier chargé de la direction d'une batterie porte le nom de *gouverneur;* suivons-le dans la conduite du défilage. Après avoir, à l'aide de la manivelle, élevé le rouleau d'un centimètre au-dessus de la platine et rempli d'eau la pile, il y répand les chiffons lessivés en évitant qu'ils ne s'accumulent sous le rouleau; le robinet fournit de l'eau en abondance, et les faux châssis étant levés, les châssis de lavage fonctionnent. Le gouverneur ayant aidé à la distribution égale des chiffons avec une spatule, abaisse le rouleau à quelques millimètres de la platine, de sorte que les chiffons soient rudement froissés sans être coupés; trois ou quatre tours de pile suffisent ainsi pour en faire ressortir les malpropretés. Il relève le rouleau comme au début et ne fait plus que laver, il nettoie le sablier, puis, baissant graduellement, il arrive, tout en continuant à élaver, à le faire porter légèrement sur la platine; il spatule fréquemment pour obtenir une trituration uniforme, et lorsqu'il la juge suffisamment avancée, c'est-à-dire offrant une pâte sans trace de tissus ni de fils tordus, il lève la bonde qui fermait le conduit, et la pile se vide par cette issue.

La durée de l'élavage et du défilage n'est pas moindre qu'une heure et demie, dans le cas où, ayant affaire à une pâte tendre, on ne tient pas à la ménager; elle n'excède pas quatre heures pour une pâte bien allongée, sauf, ce qui est rare, les cas de fabrications particulières.

La beauté du défilé, dans le travail au cylindre, dépend de la limpidité de l'eau, du temps que l'on consacre au lavage et à la trituration de la matière et de l'état des parties tranchantes, et enfin, évidemment, des soins particuliers de l'ouvrier, que la pratique seule enseigne. Le lavage par l'eau trouble ne peut donner qu'une pâte terne, difficile à blanchir, à colorer et à encoller; le FILTRAGE devient indispensable (voyez ce mot). A défaut d'appareil de filtrage, il sera bien de nouer des sacs de flanelle aux robinets, précaution qui, dans tous les cas, n'est pas à négliger pour les belles sortes. Le battage sur la platine ne doit commencer qu'au point où l'eau de lavage finit par n'être plus louche. Plus le battage est brusque, et plus les filaments sont raccourcis; plus il est prolongé avec ménagement, et plus ces mêmes filaments s'effilent sans se tronquer; ceux-ci sont, pour ainsi dire, longs et minces; ceux-là courts et épais. Les lames de platine et de cylindre, tranchantes et d'acier, énervent en coupant; celles qui sont usées ou en bronze allongent la pâte en l'écrasant. D'après cela, les rouleaux et platines à tranchant dur et acéré ne conviennent qu'aux chiffons durs; les lames douces et usées aux chiffons tendres. Parfois on devra appuyer le rouleau sur les premiers, mais on le tiendra toujours un peu soutenu sur les seconds, et on fournira la pile d'une moins grande quantité de matière dure que lorsqu'elle est tendre; enfin, si le temps le permet, il ne faut pas craindre d'allonger les pâtes en modérant l'action du cylindre; elles font moins de déchet, blanchissent promptement, restent nerveuses, sont sans boutons et se raffinent aisément. Il faut prendre garde de ne pas allonger les pâtes dures plus que les tendres; il en résulterait, lors de leur mélange dans la raffineuse, un raccourcissement tel, que celles-ci serviraient plutôt de remplissage que de lien.

Lorsqu'on veut blanchir au chlorure de chaux, on verse quelquefois 200 à 300 grammes d'acide sulfurique dans la pile cinq minutes avant de l'employer; on ferme aussitôt les faux châssis; le peu d'acide qui reste

dans la pâte égouttée suffit pour accélérer la décoloration.

Le chiffon défilé, à moins d'être soumis immédiatement au raffinage, est séparé de l'eau dans laquelle il nage, soit par l'égouttage, soit aussi par la pression. Il est envoyé dans des caisses pouvant contenir plusieurs pilées; elles sont garnies de châssis de toiles métalliques ou bien doublées de feuilles de cuivre ou de zinc perforé, ou encore revêtues de poteries en grès, creuses et percées de trous de 2 à 3 millimètres de diamètre; cette disposition occupe beaucoup de place, et demande un temps assez long pour le départ suffisant de l'eau. L'emploi d'une presse disposée convenablement pare à ces inconvénients; la pressée se fait en 20 minutes, pilée à pilée, et produit un pain compacte de pâte peu exposé à se salir et d'un transport facile.

La presse hydraulique, adaptée à ce service, opère pilée par pilée. Ce pressage facilite le contrôle du produit journalier. La turbine à force centrifuge, dite essoreuse, a été également appliquée; elle exige une force motrice notable, eu égard au résultat.

L'appareil de M. Ferrand-Lamotte est aujourd'hui généralement adopté. C'est en quelque manière la table de fabrication de la machine à papier, sur laquelle la toile chemine lentement entraînant une épaisse couche de pâte qui, saisie par les cylindres compresseurs, produit une feuille ou plaque d'un transport facile, retenant peu d'eau, se divisant sans difficulté, pénétrable au gaz chlore et aux dissolutions des bains de blanchiment.

Blanchiment du défilé ou demi-pâte. C'est l'opération qui modifie la substance des chiffons par la dissolution ou la destruction plus ou moins complète de la matière colorante qui lui est inhérente; ces altérations sont produites par l'emploi d'agents chimiques, tels qu'alcalis, acides et chlore; le rôle de ce dernier est essentiellement destructif. Les autres ne sont, en quelque sorte, que comme des accessoires propres à graduer l'énergie de ses propriétés ou à opérer des dissolutions, soit après, soit avant son action.

Le chlore s'emploie sous deux formes, gazeux ou liquide; de là deux manières différentes de procéder.

Dans le blanchiment au chlore gazeux, l'appareil est ainsi composé: une bombonne ou tourie de grès, faisant office de cornue, est disposée sur un fourneau; elle est chauffée au bain-marie, à la vapeur ou au bain de sable. Un tuyau de plomb est adapté au col de la tourie, pour amener le gaz qui se dégage sur le défilé contenu dans une caisse hermétiquement close. La forme de cette caisse est un parallélipipède auquel on donne une position horizontale ou verticale. Dans ce dernier cas, il est indispensable de multiplier le nombre des étages ou tablettes qui doivent porter le défilé. L'ouverture qui sert à l'introduction et à la sortie des pâtes est pratiquée sur l'une des faces latérales; elle est fermée par un volet de $1^m,20$ de surface au moins; il pénètre à mi-bois de manière à affleurer extérieurement. Le tuyau d'arrivée du gaz pénètre par le milieu de la paroi supérieure, un échappement d'air est pratiqué aussi dans le haut, mais le plus éloigné possible de l'arrivée du chlore. Les dimensions intérieures sont réglées pour 500 kil. de chiffons défilés, sur une capacité de 3 à 4 mètres cubes. La caisse peut être construite en bois, pierre ou brique. Le bois employé doit être résineux, suffisamment sec pour ne plus jouer ou se fendre, d'une épaisseur de 7 à 8 centimètres, assemblé à double rainure garnie de mastic de céruse, maintenu par des traverses extérieures avec tirants en fer; l'intérieur est parfaitement mastiqué à la céruse et, pour la conservation, une couche d'huile de lin chaude est passée sur les parois, puis on les couvre de deux couches au moins de peinture à la céruse; pour la décoration, l'extérieur pourra être également peint. En pierres ou en briques, les joints seront faits en ciment romain ou mieux en plâtre, ne contenant pas de carbonate de chaux. On couvrira la caisse d'un glacis de même matière, ou, ce qui est plus propre, d'un revêtement de plaques de faïence ou de briquettes vernissées.

Le défilé n'étant ni trop sec ni trop mouillé, mais égoutté de manière à ce que, par la pression de la main, on ait peine à exprimer une goutte d'eau; on le distribue sur les tablettes, dans la caisse, par morceaux du poids de 200 grammes environ; on ferme le volet dont on lute les joints en collant des bandes de papier dans toute leur étendue.

Pour blanchir 500 kilogrammes de chiffons défilés, il faut, selon le cas, produire un dégagement de 2 mètres jusqu'à 5 mètres cubes de chlore; tout ce volume n'est pas utilisé, l'on doit tenir compte d'une perte constante due à la capacité des tuyaux, des touries, et aussi de la caisse qui doit contenir après l'opération un léger excès de gaz. Le manganèse d'Allemagne, bonne qualité, produit par kilogramme 240 litres de chlore; celui de Romanèche 150 litres, donc 5 kilogrammes du premier donnent un produit équivalant à 8 du second. Pour obtenir une production moyenne de 3.500 litres environ, on prend avec 24 kilogrammes de manganèse, 70 kilogrammes d'acide hydrochlorique à 22°; ou 10 kilogrammes d'eau, 10 kilogrammes d'acide sulfurique à 66°, et 40 kilogrammes d'acide hydrochlorique à 22°; ou encore 26 kilogrammes d'eau, 26 kilogrammes d'acide sulfurique et 18 kilogrammes de sel marin, toujours avec la même quantité de manganèse de Romanèche ou avec 15 kilogrammes de manganèse d'Allemagne. Nous ferons observer que les manganèses peu riches présentent l'inconvénient d'absorber en pure perte une certaine portion d'acide pour la saturation des carbonates qu'ils contiennent, et qu'ils produisent fréquemment un culot très-dur, formé de gangue et de sels insolubles, dont l'adhérence au fond des touries est une cause de casse ou les met hors de service. Le manganèse doit être employé en grenailles et non en poudre, il est moins exposé à s'agglutiner, se mouille uniformément, donne un dégagement de gaz moins brusque, et les parties non attaquées sont plus faciles à recueillir après l'opération. La cornue est d'une capacité double de la masse qu'elle doit contenir, c'est-à-dire fonctionnant à demi pleine; il faut qu'elle puisse résister à une température qui s'élève progressivement jusqu'à 120°, et il est nécessaire qu'elle soit inattaquable par les acides ou le chlore, conditions qui ne sont guère remplies que par la poterie de grès.

Lorsqu'on veut opérer, on charge une ou plusieurs touries correspondantes à la caisse préparée; on introduit dans l'ordre suivant, d'après le mélange adopté: manganèse, acide hydrochlorique; eau, acide sulfurique, manganèse, acide hydrochlorique; eau, sel marin et manganèse mêlés, acide sulfurique. Tout étant préparé à l'avance, on adapte promptement le tuyau à la tubulure de la tourie et on lute avec soin; une demi-heure après on commence à chauffer modérément, puis aussitôt que l'on s'aperçoit de la fuite du chlore par l'échappement d'air, on ferme celui-ci. La température, portée à 100° au moins, est soutenue à ce point pendant 8 ou 10 heures, temps après lequel le dégagement doit être à peine sensible. Le défilé reste sous l'action du gaz 18 à 24 heures; si on réduit le temps, il faut augmenter la dose de chlore. A cette occasion, disons que cette dose ne doit pas se mesurer par le degré de blanc que l'on veut obtenir, mais par la quantité approximative de matière colorante à détruire; ce qui excède la proportion nécessaire à cet effet attaque le ligneux lui-même, le roussit et l'énerve. Voici l'ordre que suivent les pâtes dans leur capacité d'absorption pour le chlore en commençant par les plus faiblement douées: coton blanc (blanc éclatant), fil fin usé (blanc), coton écru et fil fin

non usé (blanc terne), gros fil non usé et cordes (blanc légèrement gris), toiles neuves bises et bises ordinaires (jaune paille pâle), toiles grossières et chenevotteuses (jaune saumon clair), cotonnades de couleur foncée (jaune fauve terne). En essayant d'indiquer aussi le degré de décoloration, nous ferons remarquer qu'il s'éloigne d'autant plus du blanc qu'il faut plus de temps et de chlore pour l'obtenir, ce qui revient à dire, que plus il y a de matière colorante à décomposer et plus il en restera des traces visibles, la décoloration n'étant pas absolue. La nouvelle substance colorante enveloppe encore le ligneux, avec cette différence qu'elle est soluble dans les alcalis et même en grande partie dans l'eau froide, c'est donc par dissolution qu'on s'en débarrassera ; aussi c'est toujours au lavage à froid par les cylindres qu'on a recours ou à la pile spéciale nommée élaveuse.

Nous ne nous arrêterons pas à décrire des dispositions particulières de l'appareil de production et les divers moyens de luter les raccords; disons seulement que les fermetures hydrauliques sont préférables à toutes autres, lorsqu'il n'y a pas de pression ; elles concourent aussi à condenser l'acide hydrochlorique entraîné dans le dégagement du chlore; à cet effet, il est bon d'adopter une disposition pour l'arrêter; le plus simple est de placer un plat évasé, plein d'eau, dans l'intérieur de la caisse, immédiatement au-dessous de l'arrivée du gaz.

Parmi les chlorures alcalins, ceux de soude et de chaux sont les seuls dont on fasse usage; le chlorure de chaux étant d'un emploi plus général, nous nous en occuperons plus particulièrement. Sous forme solide il a l'avantage d'être d'un transport moins dispendieux qu'en dissolution dans l'eau ; mais comme il faut en venir à l'employer sous cette forme, il y aurait avantage, si on le faisait soi-même, à le fabriquer liquide. (Voyez CHLORURES DÉCOLORANTS.)

Le pouvoir décolorant de 1 kilogramme de chlorure sec est à peu près égal à celui de 20 litres d'une dissolution marquant 5° au pèse-sel.

Pour le blanchiment de 500 kilogrammes de chiffons défilés, la dose varie entre 8 et 10 kilogrammes de chlorure sec. Le mode d'emploi le plus simple consiste à le verser dans une pile en travail à la fin du défilage ou au commencement du raffinage, ou bien dans l'élaveuse ; son action sur le défilé serait très-lente, n'ayant pour agent provocateur que le contact de l'air, aussi a-t-on recours à l'intervention d'un acide pour en brusquer l'effet : l'acide sulfurique, par exemple. Soit, pour les proportions relatives déjà indiquées, 4 à 10 kilogrammes ; on le verse sur la pâte, convenablement étendue d'eau, soit après, soit avant le chlorure, avec le soin de le répandre uniformément dans tout le circuit de la pile; au bout de 10 minutes la pile peut être vidée, ou mise sur place en élavage.

Un autre mode est celui qui consiste à blanchir par bains; il exige, comme par le gaz, des appareils particuliers; ceux-ci sont des cuves ou bassins, dont partie sert de réservoir aux dissolutions, partie aux bains de blanchiment. Le niveau du fond du réservoir supérieur doit être au-dessus du bord des caisses ou cuves de blanchiment; la contenance du réservoir supérieur est plus grande que celle de la somme des caisses qu'il doit alimenter, surtout si l'on fait usage du chlorure sec, la surface de liquide qu'il présente à l'air est la moindre possible, eu égard à ses autres dimensions. Les caisses de blanchiment, au contraire, étant peu profondes et multipliées, développent une grande surface ; cette disposition a pour but de rendre plus prononcée l'action de l'air et de la lumière sur le bain ; leur capacité ne doit pas excéder 5 mètres cubes, correspondant à une contenance de 250 kilogrammes de chiffons défilés; plus petites, elles ne travaillent que mieux, la pâte se tasse moins, et il est plus aisé de la spatuler, si cela est jugé nécessaire. Elles ont un double fond de châssis garnis de toiles métalliques ; au-dessous est une bonde de vidange qui verse dans un canal commun se rendant au réservoir inférieur, ce dernier n'a qu'un tiers de la contenance des caisses qu'il dessert. A moins d'être des cuves de bois, les caisses de blanchiment sont de forme quadrangulaire ; elles sont construites en pierre ou en briques, bien cimentées, complétement revêtues à l'intérieur de ciment résineux, de bitume, ou mieux, de plomb laminé; toutes les soudures de plomb devront se faire pour ce blanchiment, comme pour celui au gaz, par le chalumeau à gaz hydrogène, et éviter dans les points d'appui le contact des autres métaux.

La liqueur décolorante est faite, pour la première fois, par 25 kilogrammes de chlorure de chaux pour 1,000 litres d'eau, ou la dissolution, ramenée entre 2 et 3°; un degré trop élevé donne lieu à une plus grande perte par l'air et par l'égouttage; il faut se défier de l'indication du pèse-sel qui n'accuse que la densité de la liqueur, densité qui peut être aussi bien augmentée par la présence du chlorure de calcium que par celle du chlorure de chaux.

Pour donner un bain, on remplit les cuves ou caisses, à ce destinées, d'abord de défilé bien égoutté que l'on écharpe par morceaux plus petits qu'on ne le fait pour le gaz, puis de chlorure qu'on reçoit du réservoir par un syphon, un chéneau, une conduite quelconque enfin : mais rien qui multiplie les robinets et les joints. Le défilé demeure immergé 6 heures, terme moyen ; on ne saurait assigner qu'entre de grandes limites la durée qui convient à l'action complète du bain; car, nous le répétons, l'état et la nature des pâtes retardent ou accélèrent la décoloration, qui est aussi plus ou moins complète. Il faut savoir faire varier à propos les proportions de défilé à blanchir et l'énergie du bain.

Le blanchiment effectué, on ouvre les bondes des châssis, et les eaux de chlorure, abandonnant le défilé, vont se réunir dans le réservoir d'égout, d'où elles sont reprises par une pompe et reversées dans le réservoir supérieur. Là, elles sont ramenées au degré voulu par l'addition d'une quantité convenable de chlorure sec ou liquide concentré. Ces eaux, qui avaient perdu de leur pouvoir décolorant, sont quelquefois colorées elles-mêmes en jaune sale par les substances détruites et rendues solubles; ce qui fait que les pâtes blanchies par ce procédé présentent plutôt un ton blanc grisâtre qu'une teinte jaune prononcée. Le défilé suffisamment égoutté est enlevé des caisses, il est encore imbibé d'une quantité notable de chlorure, de sorte que, si on le laisse en dépôt, la décoloration peut se continuer jusqu'à saturation du chlore; si celui-ci est en excès, le ligneux finira par en être attaqué. D'autres fois, le même effet destructif se produit par l'acide hydrochlorique développé dans la réaction du chlore sur la matière colorante et insuffisamment saturée par la chaux.

Le chlorure de soude étant moins stable que celui de chaux décolore plus promptement et dissout mieux la matière colorante détruite ; sa présence dans les pâtes mal lavées nuit moins au collage que ne le ferait un sel calcaire. En Angleterre, le chlorure de soude est souvent substitué avec avantage au chlorure de chaux. En France, la grande différence qui existe entre les prix de ces deux produits fait qu'on est réduit à n'employer que du chlorure de chaux.

L'effet du gaz chlore sur le défilé est plus énergique que celui des chlorures; cependant ces derniers agissent plus intimement sur les filaments élémentaires, et d'une manière qui en compromet moins la solidité. Ainsi le gaz attaque fortement tout ce qui est chenevotteux, ce que ne font pas aussi bien les chlorures, tandis qu'il n'attaque que superficiellement les défilés de chiffons bis, parce que ceux-ci sont à fibres plus complexes, et que celles de l'intérieur restant imperméables au gaz, demeurent colorées. Ce fait devient sensible lorsqu'on

opère le lavage du défilé blanchi, opération indispensable, puisqu'elle consiste, comme nous l'avons dit, à dissoudre la matière colorante détruite qui s'opposerait au succès de tout traitement ultérieur. Ce travail se fait dans une pile ordinaire, ou mieux dans la pile laveuse *ad hoc*. La durée du lavage tient à la quantité d'eau qui y est affectée, soit par exemple, pour un temps moyen d'une heure, une alimentation de trois litres par seconde; on estime le lavage complet, lorsque l'eau qui en résulte sort limpide, incolore et non écumeuse. Ainsi dégorgé, le défilé, dont la couleur était une des nuances du jaune, est devenu grisâtre comme un mélange de pâte blanche et de pâte non blanchie; il est presque toujours indispensable, en ce cas, d'avoir recours de nouveau au blanchiment par le gaz ou par les chlorures.

Règle générale : le premier blanchiment se fait au gaz; un second au gaz ne se fait que sur les chiffons très-colorés ou chenevotteux ; un troisième, ce qui est rare, ne se fait qu'au chlorure. Les chlorures décolorants s'emploient en toute circonstance, sans que l'abus qu'on peut en faire entraîne, comme le gaz, à des déchets et des détériorations notables de pâtes. Le défilé blanchi au gaz doit être lavé immédiatement ; le défilé blanchi au chlorure est gardé avec avantage huit à quinze jours, et, contrairement à ce qui se passe pour le gaz, le défilé prend de l'éclat et de la blancheur en s'élavant. Quant à la couleur rouille de certains chiffons teints ou tachés par le fer, elle sera dissoute, après le premier blanchiment au chlore, par un bain d'acide hydrochlorique dans la proportion de 3 d'acide pour 1,000 d'eau.

On a donné le nom d'antichlore à des réactifs qui ont la propriété de neutraliser, dans la pâte, le chlore en excès, et l'acide hydrochlorique produit par le fait de la décoloration; l'emploi de ces réactifs a pour but d'annuler le lavage, qui est une cause de perte de temps, de matière et de force motrice, dans l'opinion, du reste fondée, que l'introduction du chlore à l'état libre, ou d'un acide dans le papier nuit à sa coloration, à son collage et à sa durée. Ce ne sont pas là les seules causes qui produisent ces mauvais effets ; il faut en attribuer une forte part à la préexistence de la matière colorante dénaturée; l'élimination par lavage, ainsi éludée, ne satisfait pas entièrement. Aussi, tout en adoptant l'usage des antichlores, nous croyons utile pour les papiers dont on veut assurer la durée de faire suivre le blanchiment de l'élavage.

Le sulfite de soude est le sel le plus généralement employé à la neutralisation du chlore. Les sulfures alcalins s'obtiennent à un prix très-bas et conviennent aux pâtes d'un blanc ordinaire à cause du léger précipité de soufre qu'ils déterminent en se combinant au chlore ou à l'acide chlorhydrique. Le carbonate d'ammoniaque neutralise également le chlore et l'acide chlorhydrique ; le carbonate de soude se combine à ce dernier. Tous ces sels neutralisent aussi l'acide sulfurique, s'il en reste des traces dans la pâte. Dans les papiers sans colle, il est important d'annihiler les effets de cet acide, qui, par son action lente sur la cellulose, en détermine la destruction.

Le permanganate de soude opère également une décoloration satisfaisante. Son emploi est limité jusqu'à présent en raison de son prix de revient trop élevé.

Parmi les agents désoxygénants, nous signalerons l'acide sulfureux gazeux ou dissous dans l'eau; l'acide sulfhydrique par bains, chassé des sulfures alcalins par l'intervention des acides sulfurique ou chlorhydrique. Ce sont des décolorants moins énergiques que le chlore, mais ils rendent quelques services dans des cas particuliers où ce dernier est impuissant, tels que divers succédanés, les chiffons de laine. Sur ceux-ci, l'acide sulfhydrique opère un assouplissement des fibrilles qui les rend plus liantes et les dispose à produire une feuille plus dense et moins rugueuse.

Raffinage. La pile de cylindre raffineuse ne diffère pas essentiellement de la défileuse. Tandis que les dimensions de celle-ci peuvent être augmentées, celles de la raffineuse ne dépassent guère les proportions qui nous ont servi de base : elles sont plus fréquemment moindres. Ainsi, les contours y sont moins développés, les trajets du courant sont moins inégaux, la trituration y gagne en régularité. Les lames du cylindre sont groupées par trois; elles sont distancées plus serré que sur le rouleau défileur, dans la proportion de un dixième à un huitième. Le nombre de tours de son rouleau est de 200 à 220, soit une vitesse de 7 mètres par seconde à sa circonférence. Sa cuve a la contenance de 1,500 litres, et se charge en défilés équivalant au produit de 100 kilogrammes de chiffons, pouvant rendre en papier 65 à 75 kilogrammes.

La trituration des chiffons, suspendue pour permettre le blanchiment ou le mélange des diverses pâtes, est reprise et achevée par la pile raffineuse. La pile remplie convenablement d'eau est fournie en défilé par espèces et proportions déterminées. Le gouverneur fait appuyer graduellement le rouleau sur la platine, jusqu'à ce qu'enfin il y porte presque tout son poids; le gouverneur maintient le cylindre dans cette position, jusqu'à ce qu'il ait reconnu que la pâte est suffisamment battue; mais comme elle offre des boutons de pâte, pour les faire disparaître, il *affleure*. L'affleurage consiste à tenir le rouleau au point juste où ses lames touchent à peine, effleurent celles de la platine ; par là, les filaments sont plutôt étirés que coupés, et tout ce qui excède leur épaisseur moyenne est, au contraire, fortement atteint. Le gouverneur s'étant assuré par un nouvel examen du bon aspect de la pâte, il lui donne issue par des conduits qui se rendent au réservoir ou au cuvier de machine.

Pendant toute la durée du raffinage, qui peut être de deux à quatre heures, on doit spatuler fréquemment ; car la matière qui chemine sur le fond et le long des parois de la pile est mise en retard par le frottement, ou par la longueur du parcours, qui excède de beaucoup celui qui s'opère autour de la cloison; il en résulte une répétition inégale d'action, de la part des lames, sur diverses portions de la pâte.

Lorsque le papier doit être collé ou coloré, on introduit ordinairement dans la pile les matières préparées à cet effet, un peu avant d'affleurer.

C'est ici le lieu de rappeler ce qui déjà a été dit au défilage, à l'égard de l'état des lames de rouleaux et de platines; cette condition a la plus grande influence sur la solidité du papier. Un raffinage précipité donne un papier mou, sans ténacité, d'un mauvais transparent et d'une surface pelucheuse. Dans ce cas, la pâte retient peu d'eau lors de son feutrage ; elle est dite sèche ou *surge*. Si, au contraire, l'emploi du temps et des machines est bien ménagé, la pâte, quoique longue, donne des feuilles d'un transparent uniforme; ses surfaces sont unies, sa substance dense, souple et carteuse ; cette pâte retient beaucoup d'eau, caractère que l'on exprime par les noms de pâte *verte* ou grasse. Règle générale : sont surges, les chiffons tendres, notamment les cotons; les chiffons battus brusquement, battus avec des lames tranchantes ou dures ; ceux blanchis énergiquement au gaz ; ceux enfin triturés par une pile faiblement fournie en défilé; sont gras, les chiffons durs, neufs; ceux battus longuement avec des lames douces un peu usées; ceux non blanchis ou blanchis aux chlorures; ceux battus en pilée copieusement fournie.

Le *pulp-engine* est une raffineuse qui ne procède pas à la manière de la pile de cylindre. Il présente quelque analogie avec les meules à farine. Il se réduit à une seule meule sans œillard I, tournant sur son axe horizontal *a* ; les deux surfaces plates portent par un rapproche-

ment facultatif contre les parois intérieures comme entre deux gîtes. Le tout est en métal, contenu dans une enveloppe étanche, qui laisse passage à l'arbre de meule et donne entrée et sortie au courant de pâte. Le défilé, délayé dans une quantité convenable d'eau, descend par une colonne T de quelques mètres de pression, est introduit par un flanc vers l'axe de rotation, de là il rayonne,

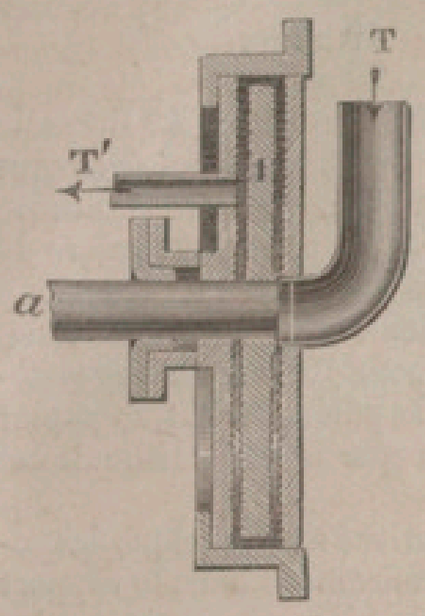


Fig. 6.

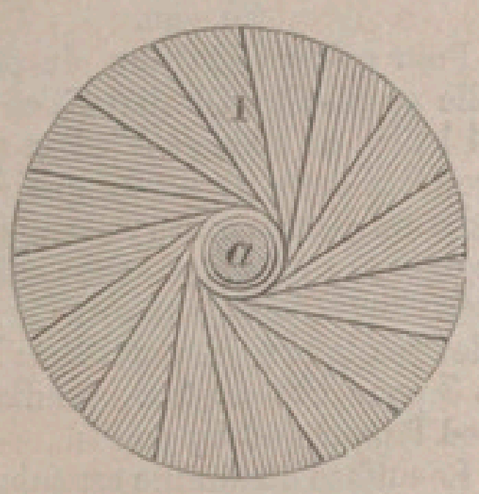


Fig. 5.

écrasé entre la face fixe et la meule, en franchit le pourtour ou limbe, et, luttant contre la force centrifuge, il s'engage sur la seconde face où il reçoit une seconde action de la part de la meule et s'échappe en T' (fig. 6) du côté opposé à son entrée. La trituration s'effectue en une seule passe, elle est continue. Cet appareil est peu volumineux : il donne ses meilleurs résultats sur les pâtes dites *surges*, courtes ou se raccourcissant avec facilité: le coton, les succédanés tels que la paille, le bois traité chimiquement, le sparte.

Le moulin vertical, à meules roulant sur un gîte, est employé pour le raffinage de quelques succédanés à filaments courts, la paille et ses analogues. Elles sont surtout fort utiles au broyage des rognures de papier, aussi leur emploi tend-il à se généraliser. Nous renvoyons pour la description à l'article HUILE. En raison de leur poids qui varie entre 1,000 et 1,500 kil. par meule, la marche en est lente; dans leur mouvement de roulement elles parcourent à peine un mètre par seconde. Elles n'agissent guère que par écrasement : cependant, le pivotement partiel qui s'opère sur elles-mêmes effectue entre les surfaces frottantes un arrachement qui favorise la désagrégation des parties feutrées ou agglomérées, sans couper: d'ailleurs il suffirait d'augmenter l'étendue du chemin parcouru par les meules pour modérer cet effet.

La pâte livrée par ce moulin est compacte, serrée; employée seule, elle ne pourrait prendre le feutrage, elle doit être préalablement délayée, et mieux, affleurée; à plus forte raison si elle est mêlée à d'autres pâtes, ce qui est la condition la plus fréquente. Il convient même que le mélange dans la raffineuse soit rendu aussi intime que possible par un léger battage suivi d'affleurement.

Maintenant que nous avons amené le ligneux du chiffon à l'état de pureté presque parfaite, et rendu propre à prendre la forme de papier, disons quelques mots des substances qui y entrent en mélange ou en combinaison, toutes les fois qu'il s'agit de douer le papier de nouvelles propriétés. Les principales sont: l'encollage et la coloration.

Colle animale. Les matières employées dans la préparation de la colle animale ou gélatine sont: les rognures de peaux non tannées provenant des corroyeurs et des bourreliers, les tendons, les cartilages et plus particulièrement les pieds de mouton, de chèvre et de chevreau (voyez COLLE FORTE, GÉLATINE). On prépare cette colle de la manière suivante: ces débris ayant été chaulés, ils subissent une macération de deux jours dans l'eau pure, puis ils sont parfaitement lavés à l'eau acidulée et débarrassés des malpropretés dont ils sont toujours chargés; on les introduit dans une chaudière de cuivre avec dix fois leur poids d'eau, en les plaçant dans un panier, afin que dans la cuisson ils ne puissent s'attacher aux parois. Le feu se conduit graduellement et de manière à éviter l'ébullition; on projette une petite quantité de chaux vive en poudre pour absorber les graisses, on écume et l'on recommence ce traitement jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'écume produite; à ce point on laisse baisser un peu la température du liquide; six heures après, si on en verse un peu sur une assiette et qu'il s'y fige en quelques instants, il est bon à être soutiré; on le passe à travers une chausse ou un drap de laine, étendu au-dessus d'un cuvier large et peu élevé faisant office de réservoir. Cette première cuite terminée, on recharge aux deux tiers la chaudière d'eau, on fait bouillir doucement; et si on ne veut pas fractionner les produits, on réunit cette dernière cuite à la précédente; laissant reposer et refroidir, on a pour résultat une gelée transparente, presque incolore; elle doit être conservée dans un lieu frais et aéré; s'il arrive qu'elle tourne par un temps chaud ou orageux, on y remédie en la faisant chauffer et ajoutant de l'acétate de plomb; on agite, puis on laisse déposer; il est facile de prévenir cet inconvénient en ajoutant l'acétate de plomb aussitôt après le soutirage, cela contribue encore à une prompte clarification.

Pour préparer une cuve ou mouilloir, on mêle à 100 kilogrammes de gelée maintenue liquide par une chaleur convenable, 1 kilogramme d'alun, et lors des grandes chaleurs où le collage est plus difficile, on ajoute 30 grammes d'hydrochlorate d'ammoniaque ou de sulfate de zinc.

On conseille, pour la fabrication de la gélatine incolore, l'emploi d'un bain d'acide sulfureux dissous dans l'eau, après fermentation légère à l'eau pure des colles-matières; mais cette gélatine est plus exposée à se décomposer par l'influence de l'air chargé des odeurs de la floraison des plantes ou de leur dessiccation.

La mise en colle des papiers exige, de la part de l'ouvrier qui en est chargé, une certaine habitude de maniement et des attentions particulières en raison de l'épaisseur, de la nature, de la sécheresse de la pâte et de l'état de l'air atmosphérique. Le colleur prend une poignée de 100 feuilles de papier ou plus, il les plonge dans la colle et les écarte avec soin pour les en imprégner également; la colle superflue est expulsée par une mise sous presse; les feuilles, transportées dans une salle nommée étendoir, sont séparées et étendues sur des cordeaux pour y être séchées. Une dessiccation rapide atténue la faculté collante de la gélatine; il suffit de remouiller et matricer le papier manqué de colle par cette circonstance, puis de le faire sécher lentement pour voir reparaître la colle avec son imperméabilité. Ce fait est la conséquence d'un phénomène de capillarité qui transporte insensiblement la gélatine contenue dans l'épaisseur de la feuille vers ses surfaces, lesquelles sont rendues absorbantes par la déperdition d'humidité qu'elles éprouvent sans cesse; les liquides ainsi appelés à la superficie y charrient les matières dissoutes qui s'y concrètent en une sorte de pellicule imperméable. La dessiccation prompte produit une concentration brusque qui interrompt ce mouvement.

Le collage à la gélatine s'effectue difficilement, mais il fournit pour les papiers de luxe des produits si supérieurs que les Anglais n'ont jamais voulu l'abandonner et sont parvenus à l'exécuter à la suite de la machine. Le procédé consiste à faire passer le papier séché comme à l'ordinaire dans la colle, puis à le sécher de nouveau à une température qui ne dépasse pas 25° pour ne pas

altérer la colle, et cela en lui faisant parcourir une grande étendue sur 25 ou 30 tambours à claire-voie dans lesquels tournent des ventilateurs qui projettent de l'air chaud.

Colle végétale ou savon de résine. En voici la préparation : dans une dissolution de soude partiellement caustique et tenue en ébullition, on introduit par portions de la colophane concassée en petits morceaux; on agite continuellement. Sur une masse totale de 500 kilogrammes, la cuite s'effectue en cinq heures environ.

Les proportions des matières employées sont:

100 colophane;
80 cristaux de soude;
80 eau;
10 chaux.

La chaux étant éteinte est délayée dans la dissolution de soude très-chaude, ou mieux en ébullition ; après repos, on tire au clair la lessive que l'on verse immédiatement dans une chaudière en cuivre chauffée à feu nu ou au bain-marie; puis, ajoutant la colophane comme il a été dit, on obtient pour résultat 200 kilogr. de colle ainsi composée :

100 colophane;
20 soude caustique;
80 eau.

D'un autre côté, il reste dans le dépôt de chaux carbonatée une certaine quantité de soude assez incommode à séparer et qu'il vaut mieux consacrer au lessivage; la quantité d'eau est diminuée aussi par l'évaporation, et les cristaux de soude en fournissent, puisqu'ils contiennent 64 pour 100 d'eau. Il est clair qu'il faudra diminuer proportionnellement le chiffre du carbonate de soude lorsqu'on l'emploiera calciné (sel de soude) et augmenter celui de l'eau.

La cuisson à feu nu nuit à la blancheur de la colle, l'action des coups de feu étant immédiate; l'emploi de la vapeur, quoique préférable, présente l'inconvénient d'augmenter le volume d'eau faisant partie de la colle et d'apporter plus de lenteur dans la combinaison; un bain-marie salin est préférable de beaucoup, en ce qu'il obvie à tous ces inconvénients et donne une température fixe et supérieure à 100°. On peut abréger cette opération en fondant à une chaleur douce la résine au lieu de la pulvériser, et la versant lentement dans la lessive chaude vivement agitée; la combinaison se fait ainsi presque instantanément, et il ne peut rester aucun grain de résine non dissous. Dans tous les cas, la chaudière où se font les cuites ne doit être remplie qu'aux deux tiers, et porter à sa partie supérieure une large ouverture ou trop-plein pour l'écoulement de la colle lorsqu'elle est exposée à déborder par l'effet du boursouflement.

Du galipot peut être ajouté à la colophane lorsque celle-ci est reconnue trop sèche.

Pour enlever une grande portion de la matière colorante de la résine on augmente la proportion de soude et d'eau; par le refroidissement et le repos, la colle produite se sépare en deux matières, l'une molle, d'un jaune pâle, l'autre liquide, brune et très-alcaline; par la décantation, on sépare l'une de l'autre, on colle avec la substance solide et l'on fait rentrer la liqueur brune dans la fabrication d'une colle inférieure, ou on la caustifie par la chaux pour s'en servir au lessivage. On a reconnu, par expérience, que la colle préparée longtemps d'avance est d'un meilleur emploi que la colle récemment fabriquée.

Quand on procède à l'encollage du papier, on dissout la colle dans un cuvier d'eau bouillante; on laisse reposer, on décante dans un cuvier inférieur et on passe en même temps au tamis de laine. Dans un grand nombre de fabriques, on saisit ce moment où la colle filtrée est encore très-chaude pour y faire crever de la fécule délayée d'avance à l'eau tiède ; d'autres préfèrent cuire la fécule à part pour être plus maîtres d'en augmenter la dose.

La dissolution prête est versée lentement dans la pile raffineuse et spatulée; cinq minutes après, la dissolution d'alun étant ajoutée, l'encollage est effectué.

Soient les dissolutions préparées sur 100 parties comme suit:

10 colle.	10 alun.
90 eau.	90 eau.

Pour coller 100 kilog. de pâte, on prend 40 litres de colle et ensuite 40 litres d'eau alunée, ce qui équivaut à 4 kilog. de colle et 4 kilog. d'alun, quantité suffisante avec des eaux de bonne qualité et pour des papiers de force moyenne; cette dose sera forcément de beaucoup augmentée dans les eaux calcaires. L'encollage ainsi opéré laisse dans le papier 33 pour 100 des matières solides employées ; il augmente le poids produit en papier de 3 pour 100 environ, tandis que la colle animale lui rend 6 pour 100 au moins.

Le sulfate d'alumine est substitué avec quelque économie à l'alun; on l'emploie ordinairement dans le rapport approché de 2 1/2 pour 4 d'alun, car il contient plus ou moins d'eau; rarement il est exempt de fer.

Si l'alun est reconnu légèrement ferrugineux, l'addition d'une quantité convenable de prussiate de potasse entraîne le fer sous la forme d'un précipité de bleu de Prusse; si la proportion était considérable, il faudrait renoncer à son emploi dans les papiers blancs ou teints en couleurs végétales tendres.

Quant à la fécule, elle doit être parfaitement blanche et pure; sous ce rapport, la fécule *verte* offre plus de chances de propreté que celle qui est sèche; en tous cas on la tamise dans l'eau sur une toile métallique fine, afin d'être assuré de sa parfaite division; le moindre grumeau ferait tache dans le papier. Quand on cuit avec la colle, on ne peut dépasser 10 kilog. pour 10 kilog. de colle, et, cuite à part, la pâte pourra en être chargée sans inconvénient grave jusqu'à 6 pour 100. La gelée de fécule doit conserver un ton opalin; lorsqu'elle est parfaitement transparente, elle est trop cuite et fait coller le papier sur les cylindres sécheurs.

La fécule rapproche et unit les fibres du papier, elle le rend plus dense, plus ferme et moins spongieux; la résine, combinée à l'alumine, lui donne seule la propriété hydrofuge.

Les eaux séléniteuses sont un obstacle à la réussite de l'encollage; les sels de chaux et quelques autres en présence du savon résineux échangent leurs acides et leurs bases, et donnent pour produit un précipité non collant qui ternit la blancheur du papier et augmente les difficultés ultérieures de la fabrication; dans ce cas, nous conseillons de verser l'alun en premier dans la pile, on évitera une petite perte de colle, puis l'embarras du boursouflement de la pâte, quelquefois si considérable qu'elle ne tourne plus dans la pile. L'emploi d'une dissolution de verre soluble (silicate de soude) nous semble offrir le réactif le plus propre à transformer les sels contenus dans les eaux douces en des composés incolores et sans action sur la colle résineuse comme sur les matières colorantes. Il arrive parfois à la colle de donner lieu à une grande production de mousse, la cause peut être attribuée à la colle elle-même qui n'est pas assez cuite ou trop nouvellement faite, aux défilés mal élavés, à certaines couleurs dont on a teint la pâte et enfin à la nature des eaux ; lorsqu'on ne peut écarter la cause, on remédie par l'addition dans la pile de quelques grammes d'huile d'œillette ou par quelques décilitres de lait, remèdes dont il faut le plus possible s'abstenir de faire usage.

COLORATION DES PATES. Les limites de cet ouvrage nous interdisent de traiter cet article avec tout le déve-

loppement désirable, vu la multiplicité de détails dont il y aurait à le charger; nous nommerons seulement ici les couleurs dont l'emploi est le plus fréquent. Quant aux chiffres de dosage, ils doivent être pris pour guide et non comme termes absolus; le degré de pureté des produits de l'industrie, et la richesse de ceux qu'offre la nature est bien loin d'être invariable, c'est donc au fabricant à faire un essai préparatoire, afin de s'assurer qu'il n'y a pas excès d'une substance sur une autre, quand elles doivent entrer en combinaison; excès qui est toujours une perte réelle, lors même qu'il ne porte point de trouble dans la fabrication. Les substances minérales sont employées en dissolution dans l'eau; les substances organiques sont extraites par décoction.

Les pâtes reçoivent la coloration préalablement, soit dans la raffineuse en y incorporant simplement la matière colorante à l'état de précipité ou de terre ocreuse parfaitement écrasée, soit dans la défileuse ou dans l'élaveuse, en teignant le défilé par l'introduction des divers éléments dont les réactions produisent la couleur. Lorsque rien ne s'oppose à cette pratique, elle dispense du lavage des précipités colorants préparés à part et destinés à la raffineuse.

Bleu. — *Bleu de Prusse.* Il s'obtient par 95 de sulfate de fer et 100 de prussiate de potasse: sa teinte varie du bleu verdâtre au bleu violacé selon son degré d'oxygénation. L'hypochlorite de chaux, en raison de son prix peu élevé, est employé concurremment avec les acides chlorhydrique et sulfurique à oxyder, soit la dissolution de prussiate, soit celle de protosulfate de fer, soit enfin le précipité vert pâle qui vire ainsi au bleu. La dissolution d'hypochlorite de chaux contient 20 kil. de matière solide: on peut l'ajouter à celle du prussiate, y verser 10 kil. d'acide sulfurique; d'autre part ajouter au sel de fer 15 kil. d'acide chlorhydrique, puis mêler les liqueurs qui donnent alors naissance au précipité, ou, comme nous l'avons dit, produire le précipité vert pâle et le bleuir peu à peu à l'aide du chlorure de chaux et des acides, laver plusieurs fois le précipité. Il y a, à ce procédé simple, des variantes nombreuses que nous ne pourrions ici passer en revue.

Bleu d'aniline. Soluble dans l'eau chaude. La dissolution est passée au feutre fin ou flanelle serrée. Fugace, pâlit sous l'influence de la lumière.

Bleu de cobalt. Pulvérulent, d'un grand éclat, inaltérable. Il suffit, au moment de s'en servir, de le délayer dans l'eau et de le passer à un tamis fin.

Bleu d'outre-mer ou *bleu Guimet.* Plus riche que le précédent, également en poudre, moins dense, décomposable par les acides.

Ces trois bleus, dont le ton est éclatant, servent à l'azurage des pâtes blanches de belle qualité. Par l'azurage, on n'a pas toujours pour objet de colorer légèrement en bleu; mais, le plus souvent, de masquer un défaut de blancheur par l'addition d'une teinte complémentaire. Le ton à corriger étant communément jaunâtre, on a recours, pour le faire disparaître, au bleu ou au violet; lorsque la proportion n'en est pas excédante, le papier demeure blanc mat; si elle la dépasse, il est dit azuré. L'azur se met dans la pile après l'encollage; le même ordre est généralement suivi pour les autres colorations.

Jaune. — *Chromates de plomb.* La nuance *canari* s'obtient en dissolution très-étendue et froide de 10 parties de bichromate de potasse et 22 d'acétate de plomb.

Le jaune *citron*, en remplaçant l'acétate par le pyrolignite de plomb.

La dissolution de bichromate de potasse est versée dans celle d'acétate ou de pyrolignite de plomb. Le précipité doit laisser un léger excès de sel de plomb.

Jaune bouton d'or. Se prépare en dissolution modérément chaude de 10 parties de bichromate de potasse et 20 parties de pyrolignite de plomb, ou mieux, par 18 parties de nitrate de plomb en dissolution tiède.

Jaune orangé, souci. 10 parties de bichromate de potasse ramené à l'état de sel neutre par la soude ou par un lait de chaux, et 18 parties de nitrate de plomb; dissolution très-chaude.

Pour ces deux dernières teintes, avoir le soin de verser le sel de plomb dans le bichromate et veiller à ce que la liqueur, dans laquelle se produit le précipité, conserve constamment un léger excès de sel de chrome.

Le vermillon ou sulfure de mercure pousse la coloration plus au rouge; il est pulvérulent.

Jaune chamois. 85 parties de sulfate de fer et 100 parties de cristaux de soude, puis dissolution de chlorure de chaux en suffisante quantité pour virer la couleur du vert au jaune. Un lait de chaux peut être substitué à la soude; dans les papiers communs on emploie l'ocre jaune.

Rouge, rose. Les bois de teinture en rouge, le Sainte-Marthe, le Fernambouc, etc., fixés par les sels d'étain, sont remplacés par le rouge d'aniline ou fuschine qui s'emploie comme le bleu d'aniline; très-fugace.

Rouge amaranthe. S'obtient de la laque produite par l'alun sur la décoction de bois de Sainte-Marthe, précipitée par la soude.

Rouge-brun. Le carbonate de peroxyde de fer hydraté. Dans les papiers communs: ocre rouge, terre de Sienne calcinée.

Violet. Pour les papiers d'enveloppe: le bois de Campêche ou d'Haïti précipité par l'alun.

Dans les pâtes fines: le violet d'aniline.

Vert. Mélange du bleu de Prusse verdâtre et du chromate de plomb, jaune canari.

Brun. Terre de Sienne crue ou brûlée, terre d'Ombre. Oxyde de manganèse obtenu du chlorhydrate de manganèse, précipité par la chaux et oxygéné par le chlorure de chaux. Dissolution par la soude de rognures de peaux tannées, précipitée par l'alun.

Noir. Décoction de noix de Galle, écorce de chêne, bois de châtaignier, dissolution de peaux tannées indiquée plus haut, de toutes substances contenant du tannin, précipitée par le sulfate de peroxyde de fer ou le pyrolignite de fer.

Blanc. N'est noté ici que comme modifiant les colorations autrement que ne le ferait la réduction des doses de matière colorante: cette addition fournissant un fond mat et plus uniforme. Le sulfate de chaux produit chimiquement l'albâtre, le kaolin. L'introduction de ces substances, par leur capillarité ou par leur réaction chimique, contrarie le collage à la résine, le dosage de la colle doit donc être augmenté en conséquence, ainsi que celui de l'alun.

Nous dirons en passant que la nécessité, qui va toujours croissant, de produire des pâtes avec des matières premières neuves, donne pour produits des papiers translucides, aspect qui ne convient ni à l'impression, ni à l'écriture et qui appelle l'addition d'une matière opaque. Il convient, en usant de ce correctif, de n'en pas exagérer l'effet, ce serait s'exposer à amoindrir les autres qualités du papier.

Nous ajouterons, pour terminer ce qui a trait aux papiers colorés, que chaque espèce de filament, en raison de son origine, possède une affinité plus ou moins prononcée pour tels ou tels principes colorants. Ainsi, les pâtes nerveuses, dans lesquelles on range le chanvre, le jute, le phormium, acceptent mieux les teintures en dissolution et notamment les anilines que celles qui sont à l'état de précipité. Par contre, les pâtes cotonneuses retiennent bien les précipités et fixent imparfaitement les teintures dissoutes. L'on peut entrevoir la conséquence de ces propriétés opposées, c'est que, d'un mélange de pâte aux qualités extrêmes, nerveuses et cotonneuses, il doit résulter un défaut d'uniformité de teinture

des filaments et la production d'une sorte de chiné ou de nuageux désagréable à l'œil.

Les papiers de couleur, collés à la gélatine et séchés à l'air, sont d'un ton plus éclatant et plus frais que ceux collés à la résine et séchés à la machine; on doit remarquer aussi que le satinage, ou apprêt à la lisse, fonce les teintes.

FABRICATION DU PAPIER. Tout ce qui concourt à la préparation de la pâte étant terminé, celle-ci est envoyée des raffineuses dans des réservoirs placés en tête de la machine à papier. Ce sont ordinairement des cuves en bois de la contenance de cinq à dix pilées, soit de dix à vingt mille litres.

La pâte accumulée dans les réservoirs s'y déposerait si elle n'était tenue en mouvement. A cet effet, un grand agitateur à axe vertical tourne lentement dans chacune des cuves. Bien que le repos de la pâte ne puisse avoir lieu, le mélange d'eau et de pâte n'est pas uniforme dans toute la hauteur de la masse liquide. Cette masse participe à la vitesse de l'agitateur et tourne quelquefois avec lui d'une vitesse presque égale, et, dès lors, n'est plus réellement agitée. Il se produit aussi, par le fait des frottements réguliers du liquide sur les parois, un pelotonnement des parties les plus ténues de la pâte, qui donne lieu à une production de petits amas feutrés, semblables à des boutons de pâte mal affleurée, et dans la feuille fabriquée ils ont l'apparence de cassés ou papiers refondus, mal triturés, ou de boutons lenticulaires.

L'agitateur à axe horizontal pare à ces divers inconvénients. Le réservoir est à fond demi-cylindrique et côtés droits, l'agitateur porte 2 ou 4 palettes étroites, légèrement inclinées sur la génératrice; elles sont plongées entièrement ou partiellement dans le bain de pâte. Un mouvement lent suffit à un parfait mélange. Le mouvement rotatif continu peut être remplacé par un mouvement circulaire alternatif ou oscillatoire, qui n'oblige pas les palettes à émerger.

Un appareil spécial puise la pâte dans les cuves pour alimenter la machine sans fin. C'est une pompe, une noria (fig. 7), ou toute autre combinaison réalisant un débit de

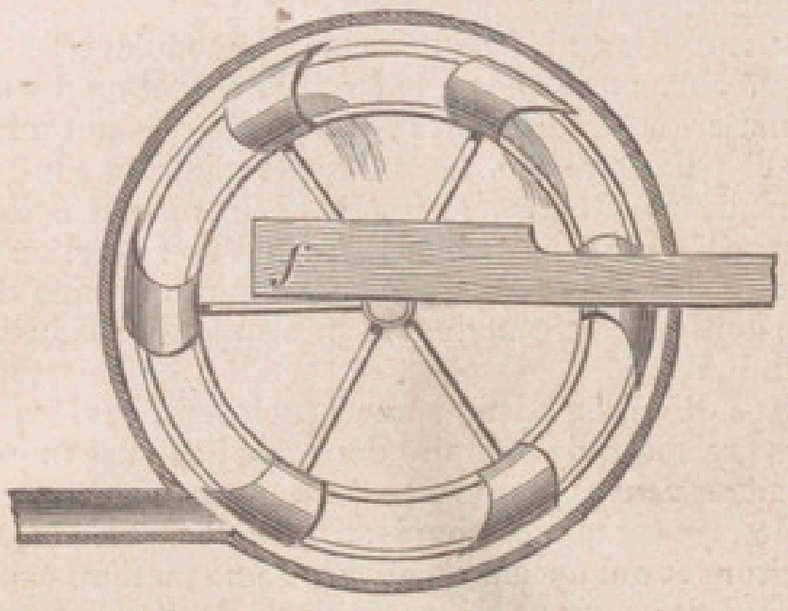


Fig. 7.

liquide, par volume proportionnel à la vitesse du moteur qui actionne la machine à papier; c'est le régulateur de l'épaisseur ou du poids de la feuille, sa capacité est variable; une fois réglé lui-même, pour une épaisseur donnée, il la maintient malgré les variations accidentelles de vitesse de la machine qui fait la feuille: lié à la marche de celle-ci, son débit est proportionnel à la surface de feuille produite presque simultanément.

MACHINES A FABRIQUER LE PAPIER CONTINU. La plupart des constructeurs qui se sont occupés de cette machine se sont efforcés de satisfaire aux conditions, devenues si multiples, réclamées par une active produc-

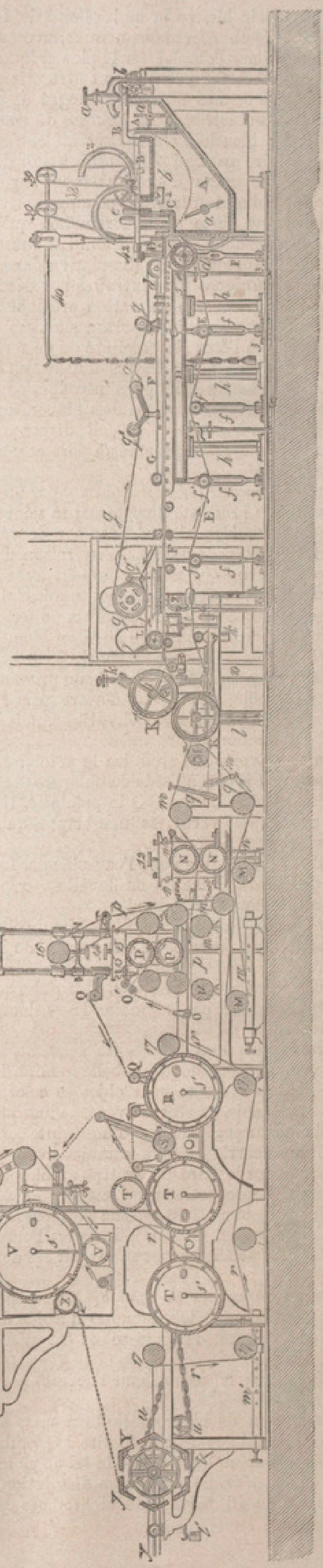


Fig. 8.

tion et la diversité d'emplois du papier. Ils ont été conduits à créer des modèles différant entre eux par les détails, en vue d'une amélioration spéciale à chaque genre de fabrication. Cette machine commence et finit la feuille de papier; par un ensemble d'opérations à la fois successives et simultanées, en quelques minutes, elle donne un produit qui exigeait plusieurs semaines par la fabrication à la main. Nous décrirons comme type l'ancien modèle dû à M. Chapelle, il comporte toutes les parties restées essentielles.

Des réservoirs à la machine à papier la dépense de pâte s'effectue donc par l'intermédiaire d'un régulateur: l'écoulement est dirigé dans le premier compartiment d'une caisse ou *vat* A (fig. 8), doublée en zinc, dans laquelle tourne un agitateur *a* qui mêle la pâte avec l'eau versée par le robinet; quatre vannettes *b* la distribuent sur l'épurateur B, composé d'un cadre en cuivre à quatre compartiments contenant quatre autres cadres ou tamis *b'* également en cuivre; un mouvement oscillatoire est imprimé à l'épurateur par une roue à rochet *b''*, dont les dents font lever et baisser les branches B'. Cet épurateur retient les boutons, et laisse passer la pâte au travers du tamis *b'* dans le second compartiment A', où elle est de nouveau remuée par l'agitateur *a'*; de là elle passe par la vanne C, dont l'ouverture est réglée par le levier *c*; elle traverse ensuite plusieurs coulisses *c''*, qui l'obligent à s'étendre en largeur, et arrive dans la caisse D, où elle dépose le gravier dont elle peut être chargée; de là, maintenue à droite et à gauche par les règles *d*, elle se répand sur la toile métallique E, portée, dans une partie de sa course, sur les petits cylindres en cuivre *c'*, engagés, par leurs tourillons, dans les règles *e*. L'ensemble de la toile et des rouleaux est ce qu'on appelle la *forme* ou la table de fabrication.

La toile métallique, tendue par des rouleaux *f* et passant sur un cylindre de renvoi *d''*, a une marche constante comme une corde sans fin; elle éprouve, pendant son parcours, un mouvement latéral très-rapide de va-et-vient, qui lui est imprimé par un cadre en fonte F auquel elle est attachée. Ce cadre porté par des pieds *ff*, mobiles dans le sens latéral de la machine, sur des axes ou goupilles 3, est mû par un levier F'. Le mouvement oscillatoire qu'éprouve la toile feutre le papier, et remplace le travail du plongeur ou ouvreur.

Pour déterminer la largeur qu'on veut donner à la nappe de pâte, on emploie deux règles G; leur plus grand écartement est dans la plupart des tables de $1^{m},50$; les petites poulies en cuivre *g*, qu'elles portent, guident une courroie sans fin *g'* en cuir ou en tissus et caoutchouc de 2 centimètres d'épaisseur appelée aussi *couverte*. Cette courroie, qui marche avec la même vitesse que la toile métallique et passe sur la poulie de renvoi *g''*, a pour effet d'émarger la pâte humide dans son trajet sur les rouleaux *e*; elle se nettoie en traversant la petite cuvette 4, où elle reçoit un jet d'eau par un tuyau *g'''*. L'eau s'écoule de la cuvette par une goulotte.

La toile métallique entraîne la pâte en égalisant son épaisseur, et laissant, pendant sa marche, passer à travers les mailles et s'égoutter dans la cuvette plate H, portée par des pieds en fonte *h*, l'eau dans laquelle la pâte n'est que suspendue; cette cuvette a une légère inclinaison, afin que l'eau s'écoule par un conduit et retourne à la danaïde *z*, qui la renvoie dans le réservoir supérieur. Une petite caisse 5 est disposée à l'extrémité antérieure de la cuvette H; un tuyau 6 y amène de l'eau qui est chassée par une fente sur toute l'étendue du rouleau de tête ou de retour *d''*, et entraîne la pâte qui pourrait s'y attacher. 7, 7, sont des tuyaux en cuivre percés de petits trous, dans lesquels arrive l'eau pour arroser et laver la toile à son retour. Cette toile, après avoir passé successivement sur les rouleaux *e* de la forme et sur ceux qui la dirigent vers les presses K, K', rencontre, en quittant les courroies *g*, une caisse I sur laquelle elle glisse. Cette caisse, fixée au bâti et occupant toute la largeur de la machine, contient quatre petits rouleaux semblables à ceux *e*. Un vide de quelques centimètres de mercure s'y établit au moyen d'un aspirateur; l'idée de ce dispositif est due à M. de Canson; il consiste en une pompe pneumatique, à garniture hydraulique, composée de trois cloches plongeant dans une cuve remplie d'eau, et mises en mouvement par un arbre à trois coudes formant manivelle. Un tuyau établit la communication entre la caisse I et l'aspirateur que représente la fig. 9; l'élévation de chaque cloche aspire l'air de la caisse, et son abaissement l'expulse de la cloche, par l'effet du jeu des soupapes *a* et *h*. Les trois cloches opérant successivement, l'aspiration est sensiblement continue. (Voir au *Complément*, ASPIRATEUR hydro-pneumatique.) Cette opération a pour but de faire égoutter les pâtes *grasses* ou d'une épaisseur notable. En effet, le papier, presque liquide, reçoit en passant la pression de l'atmosphère, qui force l'eau à traverser la toile métallique et à tomber dans la caisse I, d'où elle s'échappe par un tube coudé *i*. On évite ainsi les *écrasés* sous la presse humide où le papier arrive après avoir passé sous le rouleau égoutteur J, qui l'affermit et le prépare à cette première pression, en même temps qu'il fait couler l'eau qu'il pourrait encore contenir.

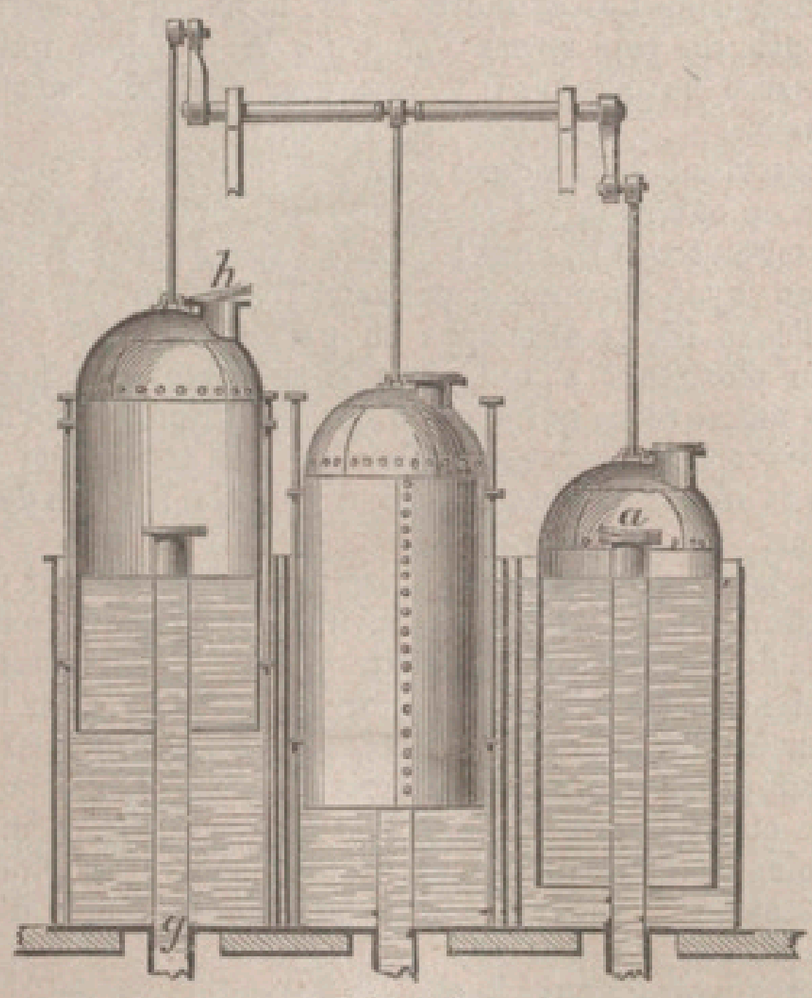


Fig. 9.

Le cylindre J est composé de deux toiles métalliques superposées, de finesse de maille différente; la plus fine forme la circonférence extérieure; une raclette en bois, *j*, garnie de drap, en appuyant sur le cylindre, la nettoie.

La presse humide, ou première presse, est composée de deux cylindres en cuivre K, K', revêtus chacun d'un manchon en feutre; le papier y est pressé et prend assez de consistance pour être abandonné un instant à lui-même dans le court trajet du cylindre K au rouleau M; cette pression est réglée par deux leviers *k* portant chacun un poids *k'*. Une raclette en bois *k''*, le long de laquelle un tuyau 10 jette de l'eau, nettoie le cylindre K.

M, M, sont des rouleaux diversement supportés; l'un d'eux, M', sert à tendre le feutre *m*, dans le sens de sa

longueur, à l'aide des règles *m'*, sur lesquelles les supports peuvent glisser et être fixés par une goupille au point convenable. La tension, suivant la largeur, s'obtient par les tirettes *q*, composées de deux petits galets qui pincent la bordure en cuir du feutre.

La toile métallique, ayant déposé le papier sur le feutre *m*, revient en glissant sur les rouleaux de tension *f*; les jets d'eau, partis des tuyaux criblés 7, la débarrassent des particules de pâte dont elle serait restée chargée.

Le feutre coucheur *m*, faisant suite à la presse humide, conduit le papier sous les cylindres en fonte N, N', de la deuxième presse. Ces cylindres, montés dans une cage 11, sont serrés l'un contre l'autre par la vis 12. Une raclette en fonte *n'*, composée d'une lame mince pincée fortement entre une règle en fer et le corps de la racle et fixée par des vis, nettoie le cylindre supérieur N'.

Le papier est pressé entre les cylindres N, N', à nu d'un côté, tandis que de l'autre il repose sur le feutre *m*; celui-ci lui fait faire encore un court trajet, puis il l'abandonne pour le laisser passer sur les cylindres O, O'; après quoi, il est saisi par le feutre *p* tendu par un rouleau supérieur 16, qui le conduit entre les cylindres en fonte P, P', de la troisième presse, où il subit la même opération que précédemment, mais en sens inverse, afin de lui ôter l'*envers* que lui a laissé la deuxième presse. Les cylindres en fonte P, P', sont montés dans une cage 13; le cylindre supérieur est serré contre le cylindre inférieur par une vis 14; une raclette 15, semblable à celle des cylindres N, N', le net oie. L'eau qui s'égoutte du papier, par l'effet de la pression, tombe dans une cuvette *p'*; il y en a une semblable sous la presse N.

En sortant de la presse P, le papier passe sur les rouleaux en cuivre Q, Q', et arrive sur le premier cylindre sécheur en fonte R, dans lequel la vapeur est introduite par un tuyau commun *s*, parcourt l'intérieur du cylindre, l'échauffe, et s'échappe en partie condensée par le tuyau plongeant *s'*, qui, avec le précédent, fait partie de la même pièce qui pénètre dans le cylindre par l'orifice ouvert au centre de l'un de ces tourillons; un robinet adapté à chaque cylindre règle l'entrée de la vapeur.

Un feutre épais et d'un lainage fin *r*, passant sur des rouleaux 17, 17, presse le papier contre la paroi extérieure du cylindre R. En quittant ce cylindre, il suit la marche du feutre *r* passant sur le rouleau *s*, pour l'amener à un autre séchoir T, également chauffé par la vapeur, dont il parcourt les trois quarts de la circonférence et y subit la même opération que sur le premier séchoir; au moment d'en sortir, il rencontre le cylindre apprêteur T'', qui lui donne un premier apprêt d'un côté.

Après avoir éprouvé la chaleur des cylindres sécheurs, le papier remonte jusqu'aux rouleaux U, U', d'où il descend pour venir recevoir entre le cylindre V, également en fonte, chauffé par la vapeur, et le cylindre V', un deuxième apprêt ou satinage du côté opposé au premier. En quittant le cylindre V, le papier passe sur le rouleau X, et vient enfin s'enrouler sur les dévidoirs Y, composés d'une couronne *y''* et de broches à équerre maintenues en place chacune par une vis de pression. Le quatrième cylindre sécheur T' sèche le feutre ou bien encore le papier.

Le premier dévidoir étant suffisamment chargé de papier (60 à 80 épaisseurs), on coupe la feuille, on fait basculer le levier *y*, et le second dévidoir vient occuper la place du premier; le bout du papier coupé est posé sur un des liteaux de ce dévidoir, et on l'y accompagne jusqu'à ce qu'il ait fait un tour.

Les épaisseurs de papier sont divisées transversalement et d'un seul coup, et ensuite porté sur des tables à rainures, le papier est de nouveau coupé suivant les besoins du format.

La machine entière absorbe une force évaluée à trois chevaux; elle peut être considérée comme formée de trois parties bien distinctes par leurs fonctions, et par les vitesses différentes qu'il est utile d'imprimer à chacune d'elles en particulier; on en concevra la raison, si l'on songe à l'allongement que le papier humide doit éprouver par le moindre effort de traction. De là résulte l'obligation de faire marcher la deuxième presse plus vite que la presse humide, la troisième presse un peu plus vite que la deuxième, et les sécheurs, à très-peu près, comme la troisième presse : ces divers mouvements sont rendus variables par des transmissions par poulies extensibles ou coniques.

Plus le papier est mince, plus son étoffe s'étend, et plus, par conséquent, l'accroissement de vitesse relative devient nécessaire. Si cet appel est insuffisant, il se produit des fronces qui font pli en passant sous les pressions et dans les sécheurs; s'il y a excès de tirage, il y a rupture fréquente de la feuille. Les papiers de force moyenne s'allongent ainsi de plus d'un vingtième depuis la table de fabrication jusqu'aux sécheurs, et ils perdent en largeur par la dessiccation un soixantième environ. Les papiers minces doivent se fabriquer vite, c'est-à-dire à raison de 15 à 20 mètres de longueur par minute: il n'y a pas avantage réel à dépasser ce terme; et les papiers forts entre 5 et 8 mètres. On est arrêté ici par la difficulté de sécher la feuille, et d'exprimer rapidement l'eau au moment où elle se forme. Cependant, en chauffant l'eau, on en augmente la fluidité; la pâte semble perdre alors, en grande partie, sa propriété spongieuse. A cet effet, un tube de vapeur dirigé sur le *vat* plonge dans la pâte qu'il contient.

La dessiccation du papier doit être conduite avec un grand soin; celui qui est imparfaitement sec est mou, godé et rugueux; celui qui l'est trop est *crispé*, plissé, cassant et mal apprêté. La chaleur doit être graduée, en augmentant son intensité du premier cylindre sécheur au dernier. Il y aurait lieu, à cette occasion, de rechercher l'origine des mal façons de la fabrication à la machine, et de les accompagner des moyens de les prévenir ou d'y remédier; mais les causes qui ont leur siége dans la machine elle-même, et celles dont l'origine est dans la pâte sont nombreuses, et se combinent si diversement entre elles qu'elles créent une série que, à notre regret, nous devons nous abstenir d'aborder. Du reste, il faut le dire, en pareille matière, quel que soit l'excellence des préceptes, la mobilité des circonstances, l'imprévu, les rendront insuffisants; une pratique éclairée obvie seule à cet ordre de difficultés.

Ceci dit de l'ensemble du modèle que nous avons décrit pour une production moyenne, il est à modifier avec le régime de fabrication à débit abondant; le constructeur augmentera donc en conséquence la longueur de la table de fabrication, le nombre de presses sèches et la surface des cylindres sécheurs, soit par leur diamètre, soit par leur nombre.

OBSERVATIONS SUR LA MACHINE A PAPIER. La largeur de table, et par suite celle de toute la machine, s'établit en raison des formats les plus habituels de l'usine: elle se pratique entre $1^m,50$ et $2^m,20$. Au delà les pièces principales prennent des proportions qui en rendent la manœuvre difficile; les frais d'entretien de toiles métalliques, de feutres, outrepassent l'avantage que procure la grande largeur de la feuille.

Le moteur qui actionne la machine à papier doit lui transmettre une vitesse parfaitement uniforme et sans vibration. Les turbines, les roues en fonte et en tôle, équilibrées sur leur axe, ont une vitesse de rotation régulière. Il convient aussi d'écarter de ce moteur les fluctuations dépendant de la marche des moteurs plus importants, des cylindres, et si l'on s'adresse à un mo-

teur à vapeur, il le faut muni d'un régulateur très-fidèle et d'un volant suffisant: la vapeur expansée est utilisée au séchage du papier.

La vitesse de cheminement de la feuille ayant à varier du simple au quadruple, il faut se garder de demander au moteur, ainsi qu'on l'avait fait d'abord, de fournir ces écarts considérables : sa régularité et son effet utile y perdraient. La transmission porte donc une série de quatre ou cinq paires de roues d'engrenage, dites de changement de vitesses. Quant aux mouvements autres que ceux qui concourent au transport de la feuille, ils restent indépendants des changements de vitesse par engrenages ; ils sont commandés directement par le moteur. Il est entendu que chacun d'eux est ensuite réglé par une vitesse modifiable par des cônes en raison de sa fonction. Prennent part à cette branche de transmission : les agitateurs du *vat*, le régulateur de pâte, l'épurateur, la danaïde, le va-et-vient de la table, les pompes pneumatiques.

Les modifications pour appropriation aux divers genres de papier à fabriquer s'appliquent aux fonctions de détail auxquelles on accorde une part plus ou moins importante. Ainsi se sont multipliés les systèmes d'épurateurs en augmentant considérablement leur faculté de tamisage, soit par l'étendue en parties plates, soit par la surface continuellement développée de la forme cylindrique et rejetant d'une manière continue les parties qui excèdent le calibre des fentes.

Parmi les épurateurs rotatifs de récente création, et qui ont figuré aux dernières expositions, nous indiquerons celui de MM. Bertram et Niven d'Edimbourg, décrit ainsi qu'il suit par M. A. Girard. Entre le cuvier et la toile de la machine est disposée une caisse, de même largeur que la machine elle-même, d'un mètre de longueur environ et d'une profondeur à peu près égale et recevant par la partie supérieure la pâte non épurée sortant du cuvier. Dans cette caisse est couché horizontalement un prisme allongé, véritable blutoir, tantôt à base carrée tantôt à base polygonale, dont la surface est constituée par les plaques à taille à travers lesquelles doit s'effectuer l'épuration, et dont la presque totalité se trouve noyée dans la pâte.

Mobile autour de deux tourillons creux qui traversent les parois latérales de la caisse, le prisme doit tourner dans celle-ci avec lenteur, de telle façon que des parties nouvelles de sa surface viennent constamment émerger en dehors du liquide pâteux. Dans l'intérieur de cet épurateur, car dès à présent nous pouvons donner ce nom au prisme recouvert de plaques entaillées, se meut horizontalement une tige traversant l'un des tourillons et recevant d'une bielle commandée par une manivelle extérieure un rapide mouvement de va-et-vient; sur cette tige sont fixés, à des distances variables, trois disques en métal, d'un diamètre de 20 à 25 centimètres environ; en face de chacun de ces disques est placé un disque semblable, celui-ci fixé à l'épurateur, et que la tige traverse par son centre; enfin ces disques, l'un fixe, l'autre mobile, sont liés ensemble, par couple, à l'aide de gaînes de cuir ou de caoutchouc, si bien que l'appareil intérieur constitue, en réalité, un véritable soufflet triple, dont la contraction et les expansions successives doivent produire, par la partie émergente de l'épurateur tournant, dans le premier cas un appel d'air, dans le second une poussée.

Ceci posé, il est facile de se rendre compte de cet ingénieux appareil. L'épurateur est en marche, il tourne lentement; la partie qui émerge du bain de pâte arrive à la surface couverte d'eau et de matière fibreuse, les soufflets se contractent, l'air est appelé à travers les tailles, et l'eau, entraînant la partie fine, se filtre à travers les espaces ouverts qu'elle rencontre; les parties grossières, les boutons restent sur la surface extérieure; mais aussitôt le soufflet se dilate, l'air est chassé à travers les tailles de la partie émergée, et ces parties grossières, ces boutons détachés de la surface, retournent au liquide extérieur, et peu à peu se précipitent sur le fond incliné de la caisse d'où on les enlève, lorsque la quantité accumulée est suffisamment considérable. Quant à la pâte épurée dont le prisme est intérieurement rempli, elle s'écoule par le deuxième tourillon creux et se rend directement à la machine.

Nous citerons aussi un modèle, d'origine allemande, qui se recommande par la simplicité de son fonctionnement.

Ainsi que dans tous les épurateurs, la table est formée d'une plaque de bronze à fentes évidées, transversales à l'axe; elle constitue le cylindre dont les dimensions moyennes sont de 1m,50 de table ou largeur, et 0m,60 de diamètre. Il tourne sur son axe de figure d'un mouvement lent et saccadé, il reçoit intérieurement par ses deux extrémités ouvertes la pâte qui lui arrive de deux canaux. En s'échapppant par les fentes de l'intérieur à l'extérieur, la pâte dépose les boutons sur la face intérieure d'où ils émergent entraînés par le mouvement rotatif jusqu'à ce que, parvenus assez haut, ils soient détachés de la paroi à l'aide d'un rinceur placé extérieurement, les précipitant dans un auget qui les dirige au dehors. Au besoin, un rinçage plus vigoureux peut être pratiqué en marche par le conducteur de machine, avec la lance dont les machines à papier sont munies.

Les sabliers occupent une étendue de plusieurs mètres de surface: ce sont des sortes de bassins très-plats, mais larges, dont le fond est ondulé de manière à retenir les particules sablonneuses, qui, dans le trajet, se déposent par le ralentissement de vitesse d'écoulement dû à la grande étendue de la nappe liquide. Cet appareil serait à supprimer si l'on arrivait à un lavage plus parfait des chiffons. Quoi qu'il en soit, il est d'un office indispensable dans une fabrication soignée: les grains de sable, tant fins soient-ils, criblent le papier lors du lissage, dépolissent et piquent les feuilles d'apprêtage, comme aussi les cylindres de la machine; ils sont nuisibles à la gravure en taille-douce, à la gravure sur bois, aux caractères typographiques, etc., etc.

Les pompes à faire le vide sont quelquefois remplacées par un simple appareil automoteur à colonne d'eau dont on règle facilement la force d'aspiration. La toile métallique se dirige elle-même, elle est munie d'un guide ainsi que les draps ou feutres. Les presses sèches, et même les cylindres sécheurs, sont revêtus d'une enveloppe en bronze, toutes les fois que la présence de la rouille doit être évitée d'une manière absolue, dans les papiers photographiques par exemple. Le bronze remplace également le fer et l'acier dans les garnitures de lames des cylindres triturateurs. La surface des cylindres sécheurs a été généralement augmentée, non-seulement à cause de l'accélération que l'on donne, mais pour être maître de n'user que d'une vapeur à faible tension, à température modérée, afin d'obtenir des surfaces plus plates. Une feuille séchée moins brusquement est aussi plus souple et plus résistante. Cette surface de séchage est généralement de 40 mètres pour une production de 2,000 kil. par vingt-quatre heures. Le poids d'eau évaporée est à peu près égal à celui du papier sec; en d'autres termes, le papier sortant des presses sèches contient 50 p. 100 d'eau.

Le tissu de la toile métallique sans fin à mailles égales, dit *vélin*, dut succéder à la *vergeure* des formes si favorable au départ de l'eau. Jugé d'abord d'un usage mécanique impraticable, il a été l'objet de nombreux tâtonnements qui ont réalisé un meilleur service en durée comme en travail correct. Le vergé ainsi que les filigranes, pour marques de fabrique ou vignettes transparentes, ont été reproduits: les mêmes moyens ont été également appliqués aux rouleaux égoutteurs. Par

PAPIER.

les trames en fil fort, les toiles ont acquis de la rigidité dans le sens transversal, et, par les fils plus fins de la chaîne, ont mieux obéi aux flexions imposées par les rouleaux conducteurs. Le mètre superficiel pèse 1k,500.

Les conditions du bon fonctionnement des feutres, des manchons de presse humide et des feutres des presses sèches, sont non moins délicates à accomplir, non-seulement par le genre de tissu, mais surtout par le choix des lainages et le degré de torsion du fil. Les fils de chaîne ayant à résister à la traction seront en laine longue, plus dure et plus tordue que les fils de trame dont le rôle est de faire éponge et coussin. Les feutres pèsent 0k,608 à 0k800 le mètre superficiel. Pour les dernières pressions les tissus deviennent à la fois plus fins, plus serrés et plus épais. Les feutres sécheurs sont très-pleins, extrêmement fermes et à surface unie; ils pèsent 3 kil. le mètre superficiel.

Cassés, rognures. On entend par cassé, le papier déchiré ou maculé accidentellement pendant la fabrication de la feuille et les apprêts qu'elle reçoit avant d'être livrée au commerce. Compte est tenu du retour de ces produits à la fabrication. Il en est de même des rognures qui tombent par la coupe du papier, pour l'affranchissement des rives ou des lisières de la feuille, et aussi du biseau formé transversalement par le contour du dévidoir, lorsque le papier est coupé à la main. La proportion des rognures du papier, dans ce cas, est de 5 p. 100. Ce chiffre est réduit de moitié environ par le coupage mécanique en long et en travers.

Les cassés et les rognures sont recueillis avec toute la propreté possible. S'ils sont sans colle, ils sont reportés par portions à la pile raffineuse ou mieux au meuleton, moulin à meules verticales tournant sur champ, pour y être ramenés à l'état de pâte. S'ils sont collés, une trempée à l'eau bouillante est nécessaire. Dans les fabrications délicates, il convient de ne repasser ces refontes que dans des pâtes inférieures en beauté ou en qualité à celle des rognures. Celles-ci reproduisent un papier plus terne et moins résistant que leur pâte primitive.

CALANDRES. La calandre fonctionne à la suite et de continuité avec la machine, exerçant sur le papier une pression à sec ou à nu, c'est-à-dire sans l'intermédiaire de feutres, travail qui se réduit à un laminage entre deux cylindres ou plus. Une des calandres que nous trouvons d'une manœuvre facile et d'un bon travail consiste en trois cylindres dont les axes sont dans le même plan vertical; celui du milieu est chauffé comme les cylindres sécheurs par une introduction de vapeur; une communication de mouvement très-simple permet de mettre ces trois cylindres au rodage toutes les fois qu'ils cessent de fonctionner pour l'apprêt du papier; de la sorte, la gravelure occasionnée par le sable est effacée avant qu'elle ne soit assez prononcée pour nuire au lissage du papier; ce dispositif pare à l'inconvénient le plus grave que présente l'usage de cette machine. Le calandrage s'est prêté à l'emploi d'une quantité considérable de machines de configurations diverses, fondées toutes sur le même principe, la pression ou le frottement, mais sans modifications essentielles dans les résultats.

MACHINES A COUPER LE PAPIER EN LONG ET EN TRAVERS. Nous avons reconnu, en parlant de la coupe du papier enroulé sur les dévidoirs, qu'il y avait toujours quelque chose à perdre par le biseau et la rognure transversale; la machine à couper, substituée aux dévidoirs, annule cette cause de perte; elle coupe le papier au fur et à mesure que la machine le produit; la dépendance qui résulte de sa position, apportant d'un autre côté quelques inconvénients, une autre disposition a été généralement adoptée; nous en offrons un exemple dans la machine suivante:

La fig. 8 est le profil de l'un des côtés de la machine; la fig. 9 en est la section ou coupe par le milieu dans le même sens. *a*, *a*, *a*, *a*, sont quatre dévidoirs couverts chacun d'une feuille continue de papier, lesquels sont portés sur des crans de crémaillères pratiqués sur le développement du bâti *b b b*; *c c c*, est un drap épais en laine ou feutre sans fin, passant sur les rouleaux *d*, *d*, *d*, *d*, qui est tendu et s'applique sur la surface inférieure du tambour *e e*, que l'on distingue mieux dans la figure 9.

L'épaisseur de papier formée par les feuilles destinées à être coupées étant engagée entre le tambour *e* et le feutre sans fin *c*, se dévidera par le tirage en dégarnissant à la fois tous les rouleaux *a*, saisie qu'elle est par la machine toutes les fois que la courroie de commande passera de la poulie folle sur la poulie fixe adaptée à l'extrémité de l'arbre *f*. Mais à mesure que la collection de feuilles chemine elle se présente à l'endroit où elle doit être coupée, et là, devant rester un moment stationnaire, un mécanisme particulier devient nécessaire. Une plate-forme circulaire *g* porte une cheville en *i*, sur laquelle s'adapte la bielle *j*, et lui communique le mouvement; cette cheville est fixée sur une pièce soigneusement ajustée, glissant dans une gorge en queue d'aronde, en regard d'une règle droite et maintenue fixe par une vis de pression; l'échelle graduée s'étend du centre à la circonférence du disque, de manière à faire varier l'excentricité de la cheville et, conséquemment, l'amplitude de son mouvement de manivelle. La bielle *j*, ajustée à la cheville *i*, se lie au contre-bâti oscillant de forme curviligne *k*, dont la partie inférieure dentée engrène avec la roue d'engrenage *l*, qui tourne librement sur l'arbre du tambour d'appel *e e*; de cette roue s'élèvent des bras *m*, *m*, qui portent un ou plusieurs encliquetages buttant dans les dents de la grande roue de rochet *o o*, montée sur l'arbre du tambour *e*.

Le disque *g*, recevant son mouvement rotatoire dans la direction qu'indique la flèche, communiquera à l'arc denté *k* un mouvement dont le point *h* est le centre, et qui, engrenant sur la roue *l*, la fait tourner en entraînant dans un mouvement oscillatoire inverse au précédent les deux bras *m*, *m*, ainsi que leur encliquetage *n*. Dans le balancement du point *n* de droite à gauche, le cliquet de l'encliquetage glissera sur la partie inclinée des dents de la roue à rochet *c*; mais, lors de son retour de gauche à droite, le cliquet buttera dans un entre-dents sans pouvoir le franchir, s'embraiera, pour ainsi dire, sur la roue à rochet, la fera tourner, et mettra le tambour en mouvement tant que durera cette portion de révolution. Les feuilles de papier enfermées dans la moitié inférieure du tambour seront ainsi amenées en avant des rouleaux-dévidoirs par la pression, qui s'opère entre cette partie du tambour et le feutre sans fin par longueurs correspondantes à l'étendue de l'arc décrit dans l'oscillation du système d'encliquetage.

Le couteau, qui coupe transversalement ces longueurs de papier, est mis en action dans le temps où l'arc d'oscillation n'embraie pas le rochet, c'est-à-dire quand glissant de droite à gauche il se porte en *o*, après avoir franchi les dents du rochet par l'inclinaison qu'elles présentent. L'amplitude de cette oscillation varie en raison de la distance de la cheville *i* au centre *f* du disque *g*; cette distance détermine la longueur du mouvement de pendule du contre-bâti *k*, celui du tambour *e* et, partant, la longueur du papier présenté à l'appareil qui le coupe. Les feuilles entraînées arrivent sur le repos *r* des barres de pression *r*, *v*, dont la partie inférieure est fixe; la came ou manivelle *s* soulève, dans sa révolution sur l'arbre *f*, l'un des bouts du levier *t*, fait descendre la barre mobile *v* (fig. 10), et la fait porter de tout son poids sur la barre fixe, pince le papier, le fixe, et le prépare ainsi à recevoir une tranche nette.

Alors le couteau transversal *u* descend, appuie par son tranchant sur le papier, le coupe entièrement en passant contre le tranchant de la lame fixée au repos *r*. Chaque révolution de la came *s*, lui faisant franchir l'extrémité du levier coudé *t*, le poids *z*, qui est attaché au levier, relève dans le même mouvement, et la barre d'application *v*, et le couteau *u*, à l'aide d'une corde passant sur une poulie : le passage dégagé admet la nouvelle portion de papier que le tambour est chargé de délivrer ainsi par alternatives. Le couteau mobile n'est pas fixé parallèlement à l'arbre du tambour; on lui donne une légère inclinaison et un peu de concavité à son tranchant, afin de faire mordre progressivement sa lame sur celle qui est fixe. La barre mobile *v*, pour plus de précision, peut être mue entre deux guides.

Bien entendu cette coupeuse possède, ainsi que toutes celles actuellement employées, le système de couteaux à couper en long. La coupe longitudinale ne présente aucune difficulté sérieuse dans la construction des machines, ni dans leur marche; elle s'opère généralement à l'aide de cisailles circulaires formées de disques d'acier distribués en nombre égal sur deux arbres parallèles; chaque disque est ajusté dans une armature ou manchon, ayant pour centre l'axe de l'arbre, pouvant glisser sur toute l'étendue de l'arbre, ou y être fixé par une vis de pression; l'accouplement des disques ayant lieu d'un arbre à l'autre, leurs limbes ou biseaux s'engagent l'un contre l'autre par leur plat, et présentent ainsi au papier un angle curviligne tranchant. Les deux arbres tournent en sens inverse, c'est-à-dire comme s'ils engrenaient l'un sur l'autre, et de façon à faire appel au papier; cet appel doit être tel, que la circonférence des disques possède une vitesse double ou triple de celle de la feuille. La machine à couper, uniquement en long, est très-employée dans nos fabriques françaises, soit à couper les papiers pour tenture, soit seulement pour abréger la coupe à la main ou à la rognette. Les machines à couper en long et en travers sont ou à marche continue à la suite du séchage, ou indépendantes. Aujourd'hui ces coupeuses sont adoptées dans la plupart de nos papeteries, depuis surtout que leur variété a permis de satisfaire à presque toutes les conditions exigées par chaque manière de travailler.

Salle d'apprêt. Les papiers fabriqués et coupés sont immédiatement transportés dans cet atelier pour y être visités et classés. S'ils sont sans colle et destinés à être collés à la gélatine, on leur donne cet encollage après un premier choix et un épluchage, dans lequel on doit s'appliquer à ne laisser aucun bouton, et, ainsi que les papiers sans colle ou collés à la résine, ils rentrent à la salle pour y recevoir la dernière façon qui les rend livrables au commerce. La nature de ces dernières préparations peut se résumer à peu près ainsi et dans l'ordre suivant: le papier est *épluché*, c'est-à-dire que les boutons de pâte que l'épurateur n'a pu arrêter sont enlevés à l'aide d'un grattoir, et, au fur et à mesure chaque feuille est classée en raison des légères imperfections qu'elle peut accuser. Cette répartition se fait en trois choix, au plus, de papier vendable; vient ensuite le choix des *utilisés*, qui portent un défaut qui les ferait rejeter aux rognures, s'ils n'étaient disposés de façon à disparaître dans la recoupe d'une réduction de format, et enfin, les *cassés*, feuilles trop incomplètes ou trop défectueuses pour qu'on en puisse tirer parti autrement que par la refonte. Les premier, deuxième et troisième choix sont mis en presse, à plat, par poignées de 500 à 1000 feuilles entre des plateaux de bois ou de carton, puis soumis à un nouvel examen ou simplement échangés.

PAPIER.

L'*échangeage* a pour but de donner de l'uniformité au grain du papier, en changeant la disposition des feuilles

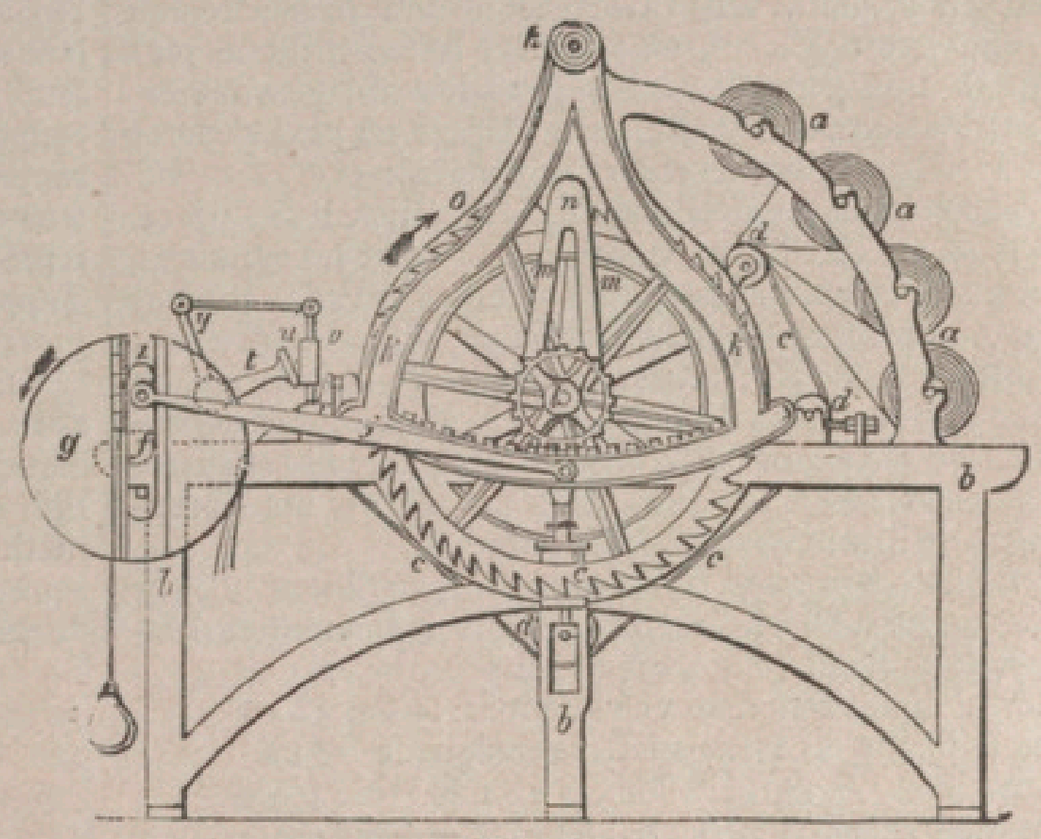


Fig. 8.

Fig. 10.

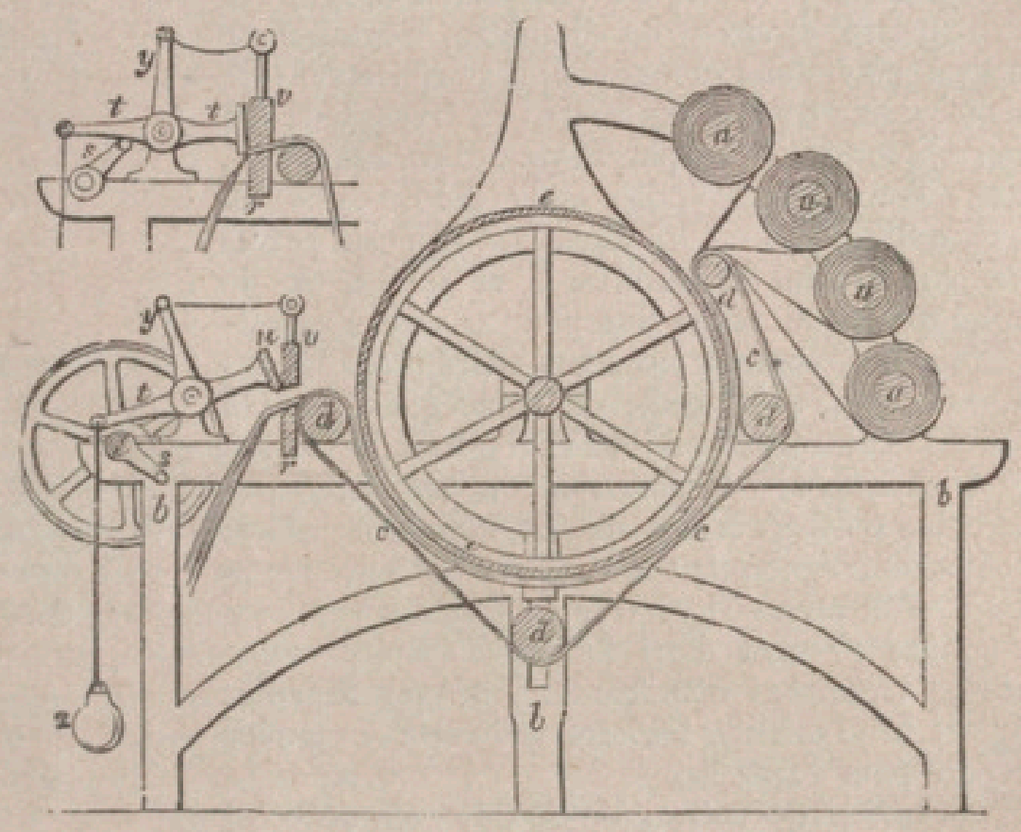


Fig. 9.

les unes à l'égard des autres pour établir le contact entre des points différents: on remet en presse. L'épluchage, l'échangeage et la pressée sont répétés plusieurs fois, si la qualité du papier l'exige; et, dans le cas où il serait irrrégulier d'épaisseur ou de nuance, il est, en outre, rassorti selon ces deux conditions; enfin, il est compté par cahiers ou par mains réunies en rame, et mis encore sous presse avant d'être couvert d'une maculature ou enveloppe.

Lisse. La feuille sortant des dévidoirs ou de la coupeuse a reçu un apprêt qui suffit à la classe la plus nombreuse des papiers. Les apprêts à la presse font disparaître les rugosités du papier sans effacer le grain de son étoffe; la lisse, à son tour, a pour effet d'en faire disparaître le grain. La librairie de luxe, la correspondance, etc., exigent une surface polie. Elle s'obtient par une pression très-énergique exercée entre deux cylindres ou laminoirs parfaitement parallèles, appuyés par des leviers à poids. Un certain nombre de feuilles de papier alternées de cartons très-durs ou de feuilles métalliques polies, zinc, cuivre ou acier, sont passées entre les cylindres compresseurs. Chacun, du reste, connaît la marche de cet appareil dont le service absorbe un nombreux personnel.

Le papier est dit *lissé*, *satiné*, *glacé*, en raison de l'aspect qu'il présente à la suite d'une pression plus ou

moins énergique; lissé: il est un peu plus uni, plus lisse qu'apprêté à la presse; satiné: il est doux au toucher, un peu brillant, sans avoir acquis de transparence; glacé: il est glissant au toucher, brillant, d'une plus grande transparence. Le lissage et le satinage s'obtiennent avec des cartons; mais le glaçage ne peut s'opérer qu'avec les feuilles de cuivre ou d'acier.

Il est évident que le nombre des feuilles, leur surface, et le temps qu'elles mettront à passer entre les cylindres, seront autant de causes, qui modifieront l'effet produit par une pression donnée. Les jeux sont ordinairement d'une main ou 25 feuilles; pour obtenir le satinage, on les passe au moins deux fois à la lisse. La force dépensée dans les diverses circonstances de travail est extrêmement variable : comme limites extrêmes, nous prendrons un demi-cheval et trois chevaux.

La lisse à pression multiple satine parfaitement par jeux de 50 à 60 feuilles sans détruire le ton mat et éclatant de la feuille, ni sa solidité. La fig. 11 est une élévation de cette lisse vue de profil; la fig. 12 en est le plan ; les mêmes lettres indiquent les mêmes pièces. A, A, bâtis fondus en une seule pièce avec les supports B, B, etc.; ils sont tenus d'écartement entre eux par les jumelles C, C, et par les sommiers D, D, sur lesquels ils portent. E, cylindre de 1 mètre environ de diamètre, portant sur chaque côté deux embases *a*, *a*, parfaitement de même diamètre; ce cylindre est récepteur du mouvement transmis par la roue d'engrenage F, fixée à l'une des extrémités de l'arbre du cylindre. G, G, cylindres dont les axes sont disposés parallèlement à celui du cylindre E, et sur un arc de cercle qui a ce même axe pour centre. Les cylindres G, G, portent par leurs extrémités sur les embases *a*, *a*, et laissent, par conséquent, entre eux et le cylindre E, un jour égal à la saillie de ces deux cordons. *b*, coussinets à coulisse réglés par des coins ou des vis de pression non figurées ici; *c*, coussinet également à coulisse portant sur la tige *d*, d'un levier H, chargé de poids. *e*, supports de guides passant dans l'entre-deux des cylindres G, G, faisant obstacle au passage du papier par cet intervalle. *f*, tablette qui reçoit le papier préparé pour l'apprêt.

Le service de cette lisse se fait comme celui de la lisse simple; le paquet de feuilles de papier alternées de feuilles métalliques s'engage, d'un côté dans l'espace ménagé entre la table du grand cylindre E, et celle des cylindres G, G; il sort du côté opposé après avoir subi quatre pressions; mais l'inflexion qu'éprouve le paquet de feuilles ou jeu, suivant le cintre du grand cylindre, à mesure qu'il se présente sous chaque cylindre, détermine un déplacement entre les points pressés précédemment; de sorte que, si la tranche du paquet est engagée à angle droit, elle éprouvera, dès la seconde pression, une légère inclinaison qui, se répétant et s'ajoutant sous chacune des autres pressions, donnera à la tranche un biseau très-prononcé à sa sortie; évidemment ce déplacement est exactement semblable pour toutes les parties du jeu mis en travail. Il produit le même résultat que l'échange des feuilles. La main-d'œuvre de cette opération est non-seulement supprimée par ce système de lisse, mais encore elle diminue celle du lissage même.

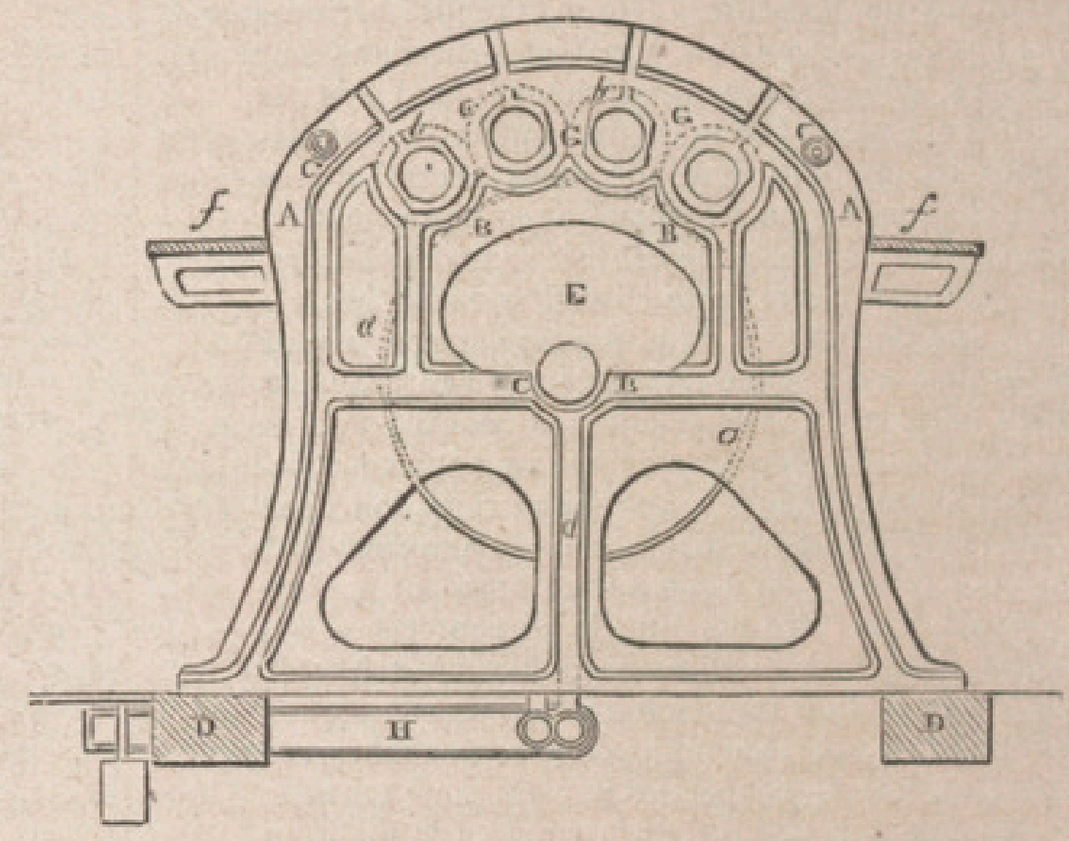
Dans les papiers épais pour pliage, lorsque le lissage ne s'applique qu'à un seul revers de feuille, la lisse se compose d'un cylindre en fonte et d'un cylindre en rondelles de papier semblable à ceux qui s'emploient pour l'apprêt des étoffes. La feuille de papier est passée directement entre ces cylindres sans l'intervention de plaques. Le lissage est produit par le cylindre en fonte. Les cylindres en rondelles de papier sont applicables à la lisse multiple en remplaçant la garniture de quatre ou cinq cylindres supérieurs et le gros cylindre peut au besoin être chauffé comme un cylindre sécheur; la chaleur favorisant l'apprêt et la réduction d'épaisseur de la feuille sans atteindre le degré d'écrasement qui fait couper les filaments les uns par les autres, ou qui les rapproche au point de lui communiquer un aspect vitreux. Cet effet de la pression excessive est utilisé à reproduire des filigranes; il est obtenu à l'aide de plaques d'apprêt en métal portant en léger relief les traces à produire dans la feuille de papier.

Généralités. — Les caractères généraux qui constituent le bon papier sont, on le voit, la ténacité, une certaine souplesse, l'uniformité des surfaces. Ces qualités sont de nature à être jugées plutôt par simple estimation que par des mesures exactes. Il ne serait pas sans intérêt, cependant, de posséder, pour le contrôle de la fabrication et l'échantillonnage, un mode de détermination, ne fût-ce qu'approximativement, du degré de mérite que l'on entend comparer: car les qualités du papier sont tout à fait relatives, en tant qu'elles sont liées à chacun de ses emplois spéciaux. Il y aurait donc à connaître:

La résistance à l'effort de traction;
La résistance à l'effort de déchirement;
La résistance à la flexion ou ressort;
La résistance au froissement;
La résistance au pli répété et renversé;
La résistance au frottement;
La perméabilité à l'eau;
Netteté d'impression avec les encres grasses.

Nous ne reviendrons pas sur ce que nous avons dit de l'influence du lessivage, du lavage, et de la tritura-

Fig. 12.



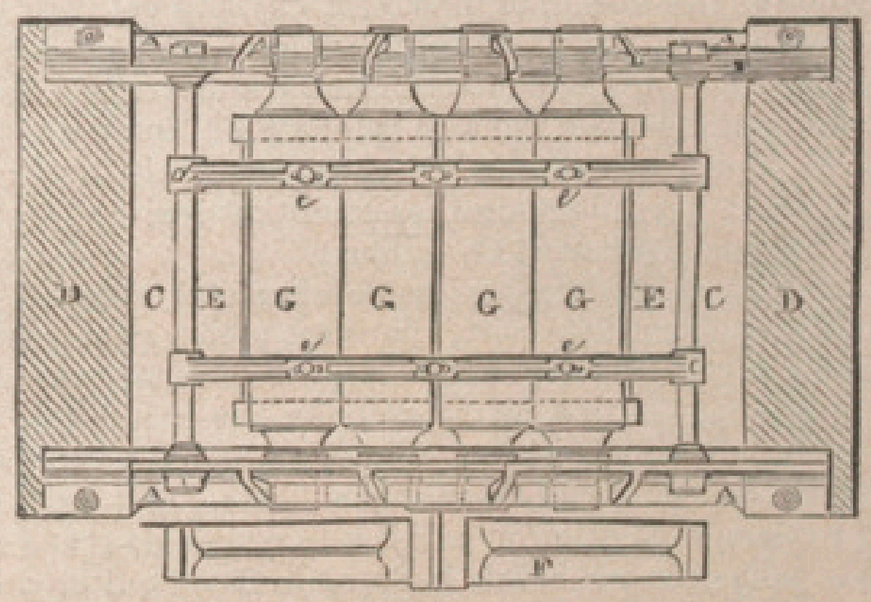


Fig. 11.

tion, sur les qualités du papier. Il est de règle absolue qu'une pâte quelconque étant donnée, le papier produit sera d'autant meilleur, de tous points, que cette pâte aura été étendue d'un plus grand volume d'eau et que les filaments y seront plus parfaitement délayés. La feuille ouvrée à la main se prête à cette pratique; de plus, l'ouvrier ouvreur, en imprimant à la forme des mouvements d'oscillation en sens croisés, et, d'autant plus vifs et plus courts que la pâte s'égoutte, obtient par ce sassement un feutrage uniforme; l'enchevêtrement des fils a lieu dans toutes les directions. La machine à papier ne reproduit pas absolument toutes ces conditions : les petits agitateurs qui divisent la pâte dans l'eau qui revient de la danaïde ne mélangent pas toujours parfaitement; le va-et-vient de la table de fabrication ne transmet à la pâte qu'un seul mouvement qui est transversal alternatif, et va décroissant d'amplitude à mesure que la pâte cheminant sur la toile acquiert de la consistance. Cette marche à oscillations uniformes arrange le plus grand nombre des filaments parallèlement les uns aux autres et à l'axe de figure de la machine. Il en résulte une feuille dont la résistance à la traction est, dans ce sens, égale à 3, tandis que dans le sens transversal elle est égale à 2 seulement. De plus, il est une considération dans laquelle l'on n'entre pas assez généralement : c'est qu'il faut accorder 10 à 20 secondes à la formation de la feuille; la longueur de la table doit donc être en relation avec la vitesse moyenne à adopter. En effet, l'étendue de toile sur laquelle s'opère le feutrage de la pâte ne porte que sur une longueur de 2m,50 environ, le cinquième du développement total de la toile. L'épaisseur de la feuille et la vitesse de cheminement étant réglées pour une fabrication soignée, cette vitesse ne saurait être augmentée, sans nuire de quelque manière aux produits. C'est là un obstacle plus grave que celui que présente l'insuffisance de surface de chauffe des sécheurs. Ce n'est pas que l'on ne puisse produire à des vitesses doubles de celles que nous avons indiquées, mais ces vitesses extrêmes ne sont possibles que par l'emploi de pâtes *surges* pour des fabrications moins délicates. Nous considérons cette allure rapide plutôt comme un expédient que comme une solution économique, qui nous paraît mieux réalisée par le service de deux machines au lieu d'une seule.

La machine à forme cylindrique n'enverge sa pâte qu'à la faveur d'une proportion d'eau considérable: la feuille en est nuageuse, solide néanmoins. Ainsi que sur la machine plate, il y aurait avantage à accorder plus d'importance à la portion de forme qui est chargée d'ouvrer la feuille : ici ce serait le diamètre à augmenter.

La construction du plus grand nombre des machines à papier est conçue en vue d'une fabrication de moyenne épaisseur de feuilles; elle réserve néanmoins la faculté d'un écart, qui a ses limites de bon travail entre 40 et 200 grammes le mètre carré de papier. En deçà et au delà de ces poids moyens, il y a convenance à choisir un modèle de machine qui, pour les papiers minces, sera composé de pièces plus légères, rigoureusement équilibrées, d'un ajustage et d'un montage très-soignés; deux presses sèches suffisent, le nombre des sécheurs réduit à la proportion de surface de séchage que nous avons indiquée pour évaporer: soit 2 mètres pour 200 kilogrammes de papier par vingt-quatre heures. La toile métallique sera d'un numéro fin; les feutres seront aussi d'un tissu fin et peu serré.

Pour les papiers excessivement légers, à pâte longue et molle surtout, la machine peut être réduite à la table avec sa presse humide et un seul sécheur; la feuille, en quittant la presse humide, s'engage immédiatement sur le feutre sécheur.

Les papiers forts à une ou plusieurs feuilles exigeront une table longue, trois ou quatre presses sèches et un développement de surface de sécheurs largement calculée; des feutres corsés et spongieux; le diamètre des presses augmenté; la précision des transmissions fonctionnant sans vibrations, maintenant exactement le degré de tension de la feuille, telle qu'elle est réglée, d'une division à l'autre, par le conducteur de machine.

Déchets. — La différence entre le poids de la matière brute et celui du produit représente la perte subie par la matière première, ou son déchet. Les substances diverses ajoutées à la pâte contribuent à couvrir une partie de ce déchet. Le rendement absolu d'une matière filamenteuse ne s'obtient que par sa mise en feuille parfaitement sèche sans addition aucune. Il est de première importance économique que chaque fabricant, pour sa propre fabrication, possède des données certaines sur le déchet de chacune des matières, chiffons ou succédanés, qu'il traite. En généralisant, nous indiquerons les emplois pour produire 100 kilogrammes de pâte à papier:

Chanvre, cordes, ficelles, etc., toiles bises, toiles bleues.	150 kil.
Cordes et toiles goudronnées.	180
Toiles blanches.	140
Lin, étoupes.	160
Toiles de jute, phormium.	170
Cotons blancs, teintes pâles.	145
Cotons bleus.	135
Cotons teintes foncées	160
Tissus, laine mêlée fil ou coton.	250
Papier de bureau, rognures.	115
Paille.	230
Bois blanc, résineux.	250
Alpha, sparte.	190

En analysant rigoureusement ces matières, à déchets si divers, l'on reconnaîtrait l'existence d'une richesse en cellulose ou fibre végétale bien supérieure à celle qui ressort des traitements de la papeterie et que la présence des corps, qu'il est intéressant d'expulser, ne justifie pas ces chiffres de déchets. Il est évident que les substances adhérentes, telles que teinture, goudron, corps gras, etc., etc., sont une surcharge qui, si elle est chassée, est un premier déchet; que la dissolution des matières pectiques, albuminoïdes, incrustantes ou autres que la cellulose, est une seconde cause de perte indispensable, nous l'avons dit, au dégagement des filaments, à leur indépendance, à leur feutrage. Il y a, on le conçoit, entre ces filaments et les substances soudantes ou encombrantes à éliminer, une résistance à la séparation qui est vaincue au prix d'un sacrifice sur la partie utile, c'est-à-dire, une perte réelle sur le rendement en bonne pâte. Prenons pour exemple le linge blanc, cellulose presque pure. Dans cet état filamenteux parfait l'on constate que le produit en papier s'éloigne des rendements industriels qui, pour la plupart, diffèrent peu d'un rendement intégral: il y a, ici, perte de 20 à 25 0/0, tout, ou presque tout, en cellulose. C'est cette disparition de la cellulose qui, par une constante, pèse de même sur toutes les matières brutes, en s'ajoutant aux déchets normaux.

Là se pose un problème : sa solution est à chercher entre le lessivage et le raffinage. Nous avons vu que la défileuse est chargée de la double fonction de purger les chiffons des matières étrangères à la cellulose et d'amener celle-ci à l'état de filament désagrégé. Ces deux opérations presque simultanées se nuisent réciproquement, dans une certaine mesure. Chacune des autres préparations de la papeterie sont scindées, et procèdent par fonctions distinctes. Le défilage fait exception: il confond deux des plus essentielles opérations, ni l'une ni l'autre n'est conduite méthodiquement; il ne garantit pas contre la préexistence des filaments

imparfaitement expurgés, non plus que de l'inégalité des résultats de la trituration. Le même agent, qui opère simultanément le détissage, le défilage et le défibrage, attaque en même temps, et avec une égale énergie, la partie de tissu qui résiste et le filament élémentaire qui s'en est séparé dès le début. D'une part, une fraction du chargement en chiffons, divisée à l'excès, passe avec les eaux de lavage ou ne fournit que des fibres presque pulvérulentes, tandis que, d'autre part, le défilage jugé achevé décèle encore la présence de fils non subdivisés. Cette lacune sera comblée, comme l'ont été toutes celles qu'a décelées le développement des industries mécaniques. A défaut de moyens préventifs des causes de déchet que nous venons de signaler, les filaments qui disparaissent, entraînés par l'eau, sont recueillis sur des toiles métalliques, tendues sur un châssis incliné, ou sur un presse-pâte *ad hoc*, ou sur la releveuse cylindrique, si connue, de MM. Blanchet frères et Kléber, auxquels on doit aussi les tambours-laveurs, qui sont restés les agents les plus rationnels de lavage.

Les pâtes arrêtées dans les eaux de défilage sont très-courtes et dites *grasses* : elles manquent de blancheur, n'entrent que dans les pâtes de qualité bise. La pâte retenue du lavage des défilés blanchis est un peu moins grasse. Enfin, la table de la machine à papier et les premières presses laissent échapper aussi des filaments, qu'il est facile de faire rentrer dans la fabrication, soit à l'aide des appareils dont il est question plus haut, soit par repos dans de vastes bassins de décantation. Certaines conditions de fabrication permettent la remonte des eaux provenant de la table par des pompes spéciales, dans un réservoir à distribution séparée, qui dessert les raffineuses. L'on bénéficie du léger excès d'alun que ces eaux contiennent, et, si le cours d'eau est calcaire ou ordinairement troublé, les eaux de la machine seront préférables pour le collage par leur limpidité. Au besoin, des filtres de laine aux robinets arrrêteraient les particules dont l'introduction dans le raffinage serait nuisible.

ESPACE OCCUPÉ PAR LES ATELIERS. — Nous prendrons pour base une production de 2,000 kilogrammes de papier, par jour de vingt heures de travail effectif, et comme donnée moyenne d'emploi de chiffons 3,000 kilogrammes. La surface indiquée pour chaque atelier est assurément modifiable en raison des localités et des convenances de distribution. Les superpositions d'ateliers réduisent aussi plus ou moins la superficie du sol occupé par l'ensemble de l'usine. En même temps, nous accusons la force motrice applicable aux diverses parties mécaniques.

La surface de chauffe en générateurs serait de 60 mètres pour brûler 2,000 kilog. de houille, en supposant un rendement de 7 kilog. de vapeur par kilogramme de houille. La proportion entre le nombre de piles défileuses et les piles raffineuses est de 8 à 4 ou de 7 à 5. La contenance totale des lessiveurs, 15 mètres cubes, partagés en 3 ou 4 appareils. Les pompes à eau, au nombre de deux, au moins : chacune dépendant d'un moteur différent, afin d'éviter la fréquence des arrêts complets par absence d'eau, élevant ensemble 1,500 litres par minute.

L'effort moteur appliqué aux cylindres ayant le plus d'importance, il est à propos de distinguer les conditions diverses de son emploi. Un seul cylindre absorbe en tournant :

A vide dans l'air.	1 cheval.
De plus, pour tourner dans la pâte. .	2 chevaux.
De plus, pour tourner appuyé sur sa platine.	3 »
Total.	6 chevaux.

L'état d'usure des lames ou la dureté propre de la pâte augmente l'effort utile et peut aller jusqu'à le doubler, soit alors, pour total, 9 chevaux. Mais le travail d'ensemble d'une batterie comprend des cylindres à toutes les époques de la trituration, les uns non appuyés, d'autres légèrement ou fortement, d'où il résulte une moyenne d'à peu près 5 chevaux par cylindre.

DÉSIGNATION.	Superficie. mètres carrés	Force motrice. chevaux.
Magasins de chiffons bruts et délissés pour 250,000 k.	500	»
Délissage pour 40 ouvrières.	600	»
Coupeuse et secoueuse.	150	4
Générateurs, moteurs, et dépôt de combustible.	800	»
Lessivage et dépôt de chiffons lessivés.	300	1
12 cylindres défileurs et raffineurs, pompes, presse-pâte, caisse de dépôt.	500	60
Blanchiment, cylindre laveur, dépôt de défilés. . . .	600	2
Machine à papier : 1m.80, largeur du papier fabriqué. .	350	5
Salle d'apprêt, lisses, presses.	400	2
Magasin de papier à expédier.	200	»
Magasin de matières diverses, produits chimiques, etc.	200	»
Ateliers de réparations, d'entretien.	200	1
Cours, passages, parties non couvertes.	600	»
Total.	5400	75

Le haut prix de la force vapeur ne permet pas à l'industrie des papiers de l'employer exclusivement. Elle n'en use généralement que pour parfaire ce qui lui manque en force hydraulique, et encore lui devient-elle onéreuse, lorsque ce complément excède constamment les quantités de vapeur dont elle a besoin, pour le chauffage du lessivage, le séchage du papier, etc. Réduisant donc le rôle de la force-vapeur à ces limites relativement économiques, une fabrication de 2,000 kilog. de papier dépense, en chauffage seulement, 14,000 kilog. de vapeur à 120°, soit à 2 atmosphères, en brûlant 2,000 kilog. de houille. Il suffira de brûler 2 à 300 kilog. en plus pour élever cette même vapeur à la pression de 7 atmosphères : la différence entre ces deux pressions ou 5 atmosphères pourra se traduire en une force effective de 20 à 25 chevaux. A son tour, le chauffage reçoit la vapeur dans les conditions où elle eût été fournie directement par les générateurs. Le prix de cette force motrice se compose des frais d'établissement du moteur, de son entretien et d'une consommation journalière de 2 à 300 kilog. de houille, soit de 1/2 kilog. par cheval et par heure. Le moteur à vapeur condensée ne serait ajouté que si l'apport de la première combinaison était insuffisant. Les mêmes frais d'établissement se répètent alors, plus l'emploi de houille qui, on le sait, n'est pas inférieur à 1 kilog. par cheval et par heure et atteint 2 kilog. dans la plupart des moteurs de 25 à 50 chevaux.

COMPTABILITÉ MANUFACTURIÈRE. Le salaire du personnel des ateliers est réglé à la journée pour les hommes et aux pièces pour les femmes. Dans quelques cas, les ouvriers sont intéressés à la production, par une prime basée sur le régime propre à l'usine. Le régistre des mains-d'œuvre est donc approprié au mode de salaire adopté.

Des carnets particuliers tenus par chaque atelier portent l'annotation de l'entrée des matières premières en fabrication ou à frais généraux; l'emploi du temps de travail et mention des causes d'arrêt; le produit ou façon obtenue.

Le contre-maître contrôle l'exactitude des notes, les transcrit ou les fait transcrire par ordre de matières et jour par jour.

Tout le travail de la comptabilité s'appuie sur ces éléments. La forme, quant au groupement des articles, est facultative, comme le développement des articles. Nous indiquons ici les principales divisions qui conviennent à la généralité des papeteries.

Rendement des chiffons bruts au délissage, déchet et prix de revient par sorte et par livreur.

Entrée et sortie des chiffons bruts.

Entrée et sortie des chiffons délissés.

Entrée et sortie des chiffons défilés.

Entrée et sortie des matières diverses de fabrication.

Entrée et sortie des matières diverses de frais généraux.

Entrée et sortie à chaque qualité de houille et attribution à chaque emploi: chauffage, force motrice, etc.

Production de la machine à papier par 12 ou 24 heures, par numéro de fabrication, indiquant la qualité, le format, le poids de la rame, le poids fabriqué, etc.; temps de travail, d'arrêts, leur cause.

Entrée et sortie des papiers à la salle, réglées par numéros de fabrication, avec détail de formats, poids, choix, rebuts, etc.

Prix de revient de chaque numéro de fabrication par l'énumération des matières employées, la quotité des frais généraux, la composition de la pâte, le chiffre de la production moyenne, le déchet, etc.

Carnet particulier aux entrées et sorties des toiles métalliques, feutres, manchons de presses sèches, de sécheurs.

Frais d'entretien du matériel.

État mensuel récapitulatif divisé en tableaux distincts, résumant les mouvements des entrées et des sorties des chiffons bruts, des chiffons délissés, entrée et sortie de toutes les matières de fabrication; entrée et sortie de toutes les matières à frais généraux; entrée et sortie des produits en poids et montant de leur valeur par les prix de revient partiels: fournissant un inventaire arrêté à chaque fin de mois, pour contrôle provisoire et balance approximative.

État annuel semblable à l'état mensuel, résumant les douze mois, les existences par écritures et redressement des différences par l'inventaire effectif.

Fabrication du papier a la main. — Malgré le bas prix, la surabondance et la beauté des produits de machine, le commerce a dû réserver une place distinguée à quelques papiers de *cuve*, qui jusqu'à présent satisfont seuls aux exigences de certaines consommations. Nous ne croyons donc pas pouvoir nous dispenser de rappeler, au moins succinctement, la marche que l'on suivait dans le travail dit à la *main* ou à la *forme;* ce travail ne s'est modifié essentiellement que par la préparation des pâtes, qui est en tout semblable à celle adoptée pour la machine; la mise en œuvre est demeurée exactement la même que ce qu'elle était autrefois.

Avant l'introduction des piles de cylindre, connues en Hollande dès le milieu du dix-huitième siècle, la trituration s'opérait à l'aide de pilons ou maillets; pour favoriser l'action peu puissante de ceux-ci, on avait été conduit à faire subir aux chiffons un degré de fermentation suffisant pour les attendrir, sans porter trop de préjudice à la solidité du papier.

Décrivons donc ce mode d'opérer.

Les chiffons étant coupés et choisis sont mouillés et mis en tas dans un lieu obscur nommé *pourrissoir;* en peu de jours, la fermentation putride se développe au sein de cette masse avec production considérable de chaleur; le tas est retourné de temps à autre, afin de régulariser et de modérer l'effet de la fermentation. Selon le papier à fabriquer et la qualité du chiffon, cette opération dure de cinq à vingt jours.

Du pourrissoir, le chiffon est transporté aux piles de maillets qui ont pour fonction, ainsi que nous l'avons vu pour les cylindres, de détruire les tissus, de lui enlever les impuretés dont il est souillé et de l'amener à l'état de pâte parfaite. La pile de maillets est une cuvette en bois ou en pierre deux fois aussi longue que large, le fond est garni d'une masse métallique ou platine, laquelle reçoit le choc de trois ou quatre maillets ferrés placés de front; ces maillets sont mis en mouvement par un arbre horizontal armé de cames qui les soulève et les laisse retomber, en commençant par une extrémité du rang et finissant par l'autre. Cette chute successive produit un déplacement dans la matière en trituration qui la pousse constamment dans le même sens et y détermine un mouvement de circonvolution que l'on favorise encore par la forme particulière donnée aux contours intérieurs de la cuvette. La pile est alimentée d'eau par un robinet à eau claire, tandis que l'eau salie a sa sortie sur le côté par un *cas* ou châssis garni de toile de crin ou de tissu en fils métalliques; à fleur du fond est aussi un grillage nommé *épierrier* ou sablier qui retient les corps lourds déposés par la pâte. Le défilage terminé, les maillets sont soustraits au mouvement du moteur, la pile est vidée et son contenu transporté dans une autre pile du même genre, mais disposée pour en effectuer le raffinage. Ces appareils ont le grave inconvénient de ne donner qu'un effectif de travail utile très-faible, d'occuper un grand emplacement et d'obliger à de fréquents transports de pâte, aussi n'en conserve-t-on l'usage que pour quelques emplois particuliers; ils sont donc presque totalement remplacés par la pile à cylindre. Celle-ci fut adoptée d'abord en France, puis en Angleterre; le produit de son travail est estimé quadruple de celui des maillets; l'énergie d'action du cylindre a conduit naturellement à la suppression du pourrissage des chiffons, opération embarrassante, altérant la solidité et la blancheur du ligneux, occasionnant surtout beaucoup de déchet.

La pâte raffinée est transportée à la cuve à ouvrer où elle est délayée dans une quantité convenable d'eau; cette cuve est en pierre, en cuivre ou en bois; elle a environ $1^m,50$ de côté sur $1^m,10$ de profondeur; au-dessus, et portée par les bords opposés, est une planche nommée *trapan*, qui est garnie de fils de cuivre dans le sens de sa longueur pour faciliter le glissement de la forme. Sur le côté, à gauche de l'ouvreur, est une planchette fixée d'un bout au trapan et de l'autre au bord de la cuve; une petite pièce de bois en forme de crémaillère, nommée égouttoir, y est fixée verticalement; l'intérieur de la cuve est disposé de manière à en échauffer la pâte. On conçoit qu'il est aisé d'appliquer ici certaines parties qui figurent dans la machine comme agitateur, régulateur de pâte, épurateur, départ d'eau excédante, etc.

La forme est un cadre ou châssis soigneusement assemblé aux angles, maintenu par des petites traverses de bois léger appelées *pontuseaux;* ceux-ci sont disposés parallèlement entre eux et au petit côté de la forme, leurs arêtes supérieures forment un même plan avec les bords du cadre, ils servent de point d'appui à des fils métalliques qui couvrent toute l'étendue de la forme; ces derniers sont disposés en long, de 8 à 15 fils par centimètre, et arrêtés aux pontuseaux par un fil plus fin; cet assemblage prend le nom de *vergeure*, et la trace qui est laissée sur le papier le fait distinguer par le nom de papier *vergé*. La marque du format ou du fabricant est figurée par d'autres fils de cuivre auxquels on donne le nom de *filigranes*. Le papier *vélin* est fait à

l'aide d'une forme couverte d'une toile métallique de 25 à 35 fils par centimètre, ils sont alors assez fins pour ne causer aucune trace sensible dans l'épaisseur de la feuille. Ce procédé était connu en Angleterre depuis 1757; il avait pour objet d'imiter le grain et certaines apparences du vélin en parchemin de peau de veau. Maintenant que le travail des machines donne constamment ce résultat, on tente d'imiter, au moyen de toiles particulières, les papiers vergés de cuve. Quel que soit, du reste, le tissu, un cadre mobile appelé *frisquette* ou *couverte* s'applique exactement sur les bords de la forme, dont la hauteur, conjointement avec le plus ou moins de liquidité de la pâte, détermine l'épaisseur de la feuille de papier et dont les autres dimensions règlent la longueur et la largeur.

Le service d'une cuve se fait avec une paire de formes. L'ouvrier, qu'on appelle l'*ouvreur* ou *puiseur*, ayant posé la couverte sur la forme, la tient verticalement et la plonge à moitié dans la matière délayée, et, la tournant pour arriver à la position horizontale, il la couvre entièrement de pâte, la retire dans cette position et lui imprime divers mouvements saccadés et de balancement; ce tour de main demande une grande habitude de maniement: il a pour but de lier entre eux les filaments qui constituent la pâte et d'en opérer la distribution avec uniformité. L'ouvreur, ayant fait égoutter légèrement sa feuille, pousse sa forme le long de la planchette après avoir enlevé la couverte et la pose sur l'autre forme pour commencer une nouvelle feuille. En même temps, un autre ouvrier, le *coucheur*, placé à la gauche et en regard de l'ouvreur, reçoit la forme et la dresse contre l'égouttoir; pendant qu'elle achève de s'égoutter, il étend à plat devant lui un *flotre* ou feutre, puis enlevant la forme de la main gauche il la renverse sur le feutre et l'y appuie, la feuille se détache de la forme et reste sur le feutre; de la main droite, il renvoie la forme sur le trépan, laquelle est de nouveau reprise par l'ouvreur. Le coucheur continue à déposer sur la première feuille un second feutre et sur celui-ci une feuille de papier. Ces deux ouvriers procèdent ainsi simultanément, se passant tour à tour une forme chargée de pâte et une forme vide jusqu'à ce que les feuilles couchées entre les feutres aient atteint le nombre convenu pour former une *porse;* on porte le tout sous une presse pour en faire sortir le plus possible d'eau. Un troisième ouvrier, appelé *leveur*, sépare les feutres des feuilles; d'un côté, il place celles-ci les unes sur les autres entre deux plateaux; de l'autre, les feutres sont empilés et renvoyés au coucheur qui peut en reprendre immédiatement possession; à la fin de la journée, tout le papier ainsi préparé étant réuni est soumis à une pression modérée et exercée par intervalles pour en exprimer l'eau. On procède au *relevage*, qui consiste à échanger les feuilles les unes après les autres pour faire disparaître le grain des feutres, et on remet sous presse avec plus de force, après quoi on les transporte à l'*étendoir* ou séchoir. Ces noms font assez connaître la destination du local; il est occupé par des cordeaux tendus entre des traverses mobiles sur des poteaux convenablement distancés. Une ouvrière prend plusieurs feuilles à la fois qu'elle pose sur un *frelet*, instrument de bois en forme de T, les passe entre les cordes et les dépose sur une seule; allant ainsi de proche en proche, elle garnit un certain nombre de cordeaux. Des volets très-multipliés sont disposés pour graduer les courants d'air dans toutes les expositions; l'hiver, un chauffage et une ventilation bien dirigée remplacent le séchage à l'air libre; les feuilles étant sèches sont enlevées à la main ou au frelet et portées à la salle d'apprêt.

Historique. — Le mot papier dérive, comme on sait, de papyrus, plante d'Égypte, dont on prenait le liber ou écorce intérieure pour former des feuilles propres à recevoir l'écriture.

Pline, *liv. XIII*, *chap. XI*, a décrit amplement la manière dont les Egyptiens fabriquaient le papier employé par les anciens; voici ce qu'il nous apprend à ce sujet :

« On sépare, dit-il, avec une aiguille, la tige du papyrus en lames ou feuillets fort minces, et aussi larges qu'il est possible: c'est avec ces éléments qu'on compose les feuilles de papier. Les lames du centre sont préférées, et ensuite suivant l'ordre de la division. On étend les meilleures sur une table, en leur laissant toute la longueur qu'elles peuvent avoir, et coupant seulement ce qui excède sur les extrémités d'une première feuille mince. On en étend une autre en travers et dans un autre sens. L'eau du Nil dont on les humecte sert de colle pour les joindre ensemble; on emploie aussi quelquefois la colle même: ces feuilles ainsi collées sont mises sous une presse dont on les retire pour les faire sécher au soleil. Après cela on les joint ensemble; les meilleures feuilles sont employées d'abord, et ensuite à mesure qu'elles diminuent de bonté, et l'on finit par les plus mauvaises. Il n'y en a jamais plus de vingt dans la tige d'un roseau.

« Ce papier, avant d'être lavé, était anciennement appelé *Hiératique*, c'est-à-dire *Sacré*, et ne servait que pour les livres de la religion; mais ayant été lavé par la suite, il prit le nom d'*Auguste*, et porta celui de Livia, sa femme, après avoir été lavé une seconde fois : ainsi le papier hiératique descendit du premier rang au troisième; un autre, fort semblable, avait été appelé *Amphithéâtrique*, du lieu où on le faisait. Porté à Rome, dans la boutique de Fannius, dont les ouvriers étaient fort habiles, ce papier commun, rendu plus fin par une préparation particulière, devint une étoffe qui surpassa les autres, et à laquelle il donna son nom. L'amphithéâtrique, qui n'avait pas été préparé de la sorte, conserva le sien.

« La largeur du papier, continue Pline, varie extrêmement : elle est de treize doigts dans le plus beau, de onze dans le hiératique, de dix dans celui de Fannius. La largeur du papier des marchands ne passe pas six doigts. Ce qu'on estime le plus dans le papier, c'est la finesse, la force, la blancheur et le poli.

« L'empereur Claude a privé du premier rang le papier d'Auguste, qui, beaucoup trop fin, ne soutenait pas la plume du roseau; de plus, sa transparence faisait craindre que les caractères ne nuisissent les uns aux autres, sans compter le mauvais effet d'une écriture qui s'aperçoit à travers la feuille de papier. Il augmenta aussi la largeur de la feuille, qui n'était auparavant que d'un pied. Les feuilles les plus larges, appelées *macrocolla*, avaient une coudée de largeur, mais on en reconnut bientôt l'inconvénient, lorsqu'en ôtant de la presse une seule de ces feuilles, un grand nombre de pages se trouvèrent gâtées. C'est pourquoi le papier d'Auguste continua d'être en usage pour les lettres particulières et le papier Livien a toujours servi aux mêmes usages qu'auparavant. Mais le papier Claudien fut préféré à tous les autres parce que, sans avoir les défauts du papier d'Auguste, il avait la force du papier Livien.

« On donne le poli au papier par le moyen de l'ivoire ou des coquilles; mais alors les caractères sont sujets à se détacher. Le papier poli boit moins l'encre, mais il a plus d'éclat. Quand le papier, dans la première préparation, n'a pas été trempé avec précaution, il se refuse aux traits de celui qui écrit: ce défaut se fait sentir sous le marteau, et même à l'odeur du papier. Lorsqu'il y a des taches, on les découvre à la simple vue; mais quand on a rapporté des morceaux pour boucher des trous ou des déchirures, ces opérations font boire le papier, et l'on ne s'en aperçoit que dans le moment qu'on écrit: telle est la mauvaise foi des ouvriers; c'est pour prévenir ces inconvénients qu'on donne une nou-

velle façon à ce papier. La colle ordinaire se prépare avec de la fleur de farine détrempée dans de l'eau bouillante, sur laquelle on a jeté quelques gouttes de vinaigre; la colle des menuisiers et la gomme ne s'emploient pas, parce qu'elles sont cassantes. La meilleure colle est celle qui se fait avec de la mie de pain levé détrempée dans de l'eau bouillante, et passée par l'étamine; le papier devient par ce moyen le plus uni qu'il est possible, et même plus lisse que la toile de lin; au reste, cette colle doit être employée un jour après avoir été faite, ni plus tôt ni plus tard: ensuite on bat le papier avec le marteau; on y passe une seconde fois de la colle; on le remet en presse pour le rendre plus lisse et plus uni, et on l'étend à coups de marteau. C'est ce papier qui donne une si longue durée aux ouvrages écrits de la propre main des Gracques, Tiberius et Caius. Je les ai vus chez Pomponius Secundus, poëte et citoyen du premier mérite, près de deux cents ans après qu'ils avaient été écrits. Nous voyons assez communément ces papiers écrits par Cicéron, Auguste et Virgile. »

Papiers de la Chine et du Japon. Le papier fut en usage de temps immémorial dans quelques parties de l'Asie; la pratique religieuse usitée en Chine, de brûler des feuilles dorées ou ordinaires, est antérieure à l'ère chrétienne. Vers ces temps reculés, les Japonais en fabriquaient avec l'écorce du mûrier, le chanvre, le bambou, la paille de riz et le coton.

Nous empruntons à M. A. Girard la description des procédés de fabrication de produits dont la beauté est bien connue.

Papier du Japon. La matière première la plus usitée au Japon pour la fabrication du papier est, comme on le sait depuis longtemps, le *Broussonetia papyrifera* ou mûrier à papier, c'est le *mulberry* des Anglais. L'écorce seule est employée à cette fabrication. La plante est, dans presque toutes les provinces du Japon, cultivée spécialement pour les besoins de l'industrie papetière. Elle se reproduit de boutures; en un an, elle atteint 30 centimètres de hauteur; l'hiver venu, on la coupe; l'année suivante, la souche fournit cinq ou six tiges nouvelles, qui s'élèvent à 80 ou 90 centimètres; ces tiges sont coupées à leur tour lorsque vient la mauvaise saison, et l'on répète ces coupes successives jusqu'à la cinquième année. Chaque bouture a engendré alors un buisson abondant dont les tiges ne mesurent pas moins de 2 mètres de hauteur. C'est à cet âge que l'écorce du mûrier convient pour la fabrication du papier; abattu au commencement de l'hiver, fagoté à la façon habituelle, le bois est porté aux papeteries.

Là les tiges sont d'abord soumises à un bouillissage; coupées en fragments de 50 centimètres environ de longueur, elles sont jetées dans une chaudière et traitées pendant deux heures par l'eau bouillante. Ce temps écoulé, on les retire du bain, et, à la main, on sépare du bois, qui, dès lors, ne représente plus qu'un résidu bon à brûler, l'écorce, dont l'adhérence a disparu sous l'action de l'eau. Réunies par poignées, les écorces sont étendues sur des cordes et abandonnées pendant deux ou trois jours à la dessiccation.

A cette dessiccation succède un lavage en rivière, où les écorces restent, pendant vingt-quatre heures, plongées dans l'eau courante. La fabrication véritable commence à ce moment; elle débute par la séparation de l'écorce intérieure blanche et de l'écorce extérieure colorée. Assis devant une table, armé d'un couteau qu'il maintient dans une position fixe, l'ouvrier fait rapidement glisser sous le tranchant de celui-ci les écorces qu'il ramène à lui, jusqu'à ce que la partie colorée en soit entièrement séparée; cette écorce colorée sert à fabriquer des papiers communs.

C'est à l'aide de l'écorce intérieure, bien blanche, que se préparent les beaux papiers japonais; il faut, en général, trois jours de travail pour transformer cette écorce en papier. Soumise de nouveau à l'action de l'eau courante, l'écorce blanche est, après ce second lavage, empilée dans des tonneaux et pressée à l'aide de pierres lourdes, de manière à faciliter le départ de la liqueur qui la mouille.

Ainsi débarrassée de la plus grande partie des matières gommeuses qu'elle renferme, l'écorce est enfin lessivée et mise en pâte en une seule opération. Dans des chaudières de 60 centimètres environ de diamètre, remplies d'eau mélangée de cendres (d'une lessive alcaline par conséquent), on ajoute une quantité déterminée de l'écorce, et l'on porte à l'ébullition. Pendant toute la durée de cette opération, le cuiseur, armé de deux bâtons, agite, remue la matière de manière à lui faire subir une division grossière et continue jusqu'à ce que la masse soit transformée en une bouillie épaisse et que l'aspect primitif de l'écorce ait entièrement disparu.

Placée dans des paniers, la pâte est, une fois encore, portée à la rivière et soigneusement lavée; c'est à ce moment qu'elle est livrée aux pileurs; à ce moment, aussi, on l'additionne de la matière agglutinative à l'aide de laquelle elle doit être collée; cette matière provient de la racine d'une plante connue au Japon sous le nom de *tororo*, plante à fleurs jaunes qui rappelle assez bien, paraît-il, le *sesamum orientale;* pelée, puis bouillie, cette racine fournit une pâte formée sans doute d'un mélange de matières pectiques et amylacées que l'on ajoute directement à la matière que doivent battre les pilons. Ceux-ci ne sont autres que des bâtons à section carrée, arrondis seulement à l'une de leurs extrémités, de manière à y former un manche, et mesurant environ 90 centimètres de longueur. La pâte est placée sur une table de chêne, et deux ouvriers, placés l'un en face de l'autre, entreprennent alors de la battre à coups redoublés, en frappant à plat avec les bâtons, jusqu'à ce que les fibres, séparées les unes des autres, aient acquis la longueur qui convient au papier que l'on veut obtenir.

A partir de ce moment, le travail ne présente plus rien qui ne nous soit connu, et la fabrication japonaise devient identique à la fabrication à la cuve, telle que nous la pratiquons. Passée à travers un tamis dont les mailles ont une grosseur déterminée, la pâte est mise en cuve avec une quantité d'eau convenable; dans cette cuve, elle est puisée à l'aide d'une forme dont le fond est fait de bambou soigneusement tressé, et dont la paroi est formée de deux cadres rentrant l'un dans l'autre, disposés de telle sorte que le cadre intérieur fasse office de couverte, et elle se transforme ainsi, à la manière ordinaire, en un feutre homogène. Enlevée de cette forme avec dextérité au moyen d'une tige de bambou sur laquelle on enroule son extrémité la plus épaisse, la feuille est enfin étalée sur une planche en bois dressée contre les murs de l'atelier, et là, abandonnée à l'action de l'air, jusqu'à ce qu'elle soit parfaitement desséchée.

Les variétés de papier que les Japonais savent obtenir à l'aide de ce procédé si simple sont, pour ainsi dire, infinies; plus de 300 échantillons différents ont été, du Japon, envoyés au gouvernement anglais, les uns destinés aux usages ordinaires qu'en Europe nous réservons à ce subjectile, les autres destinés à recevoir les emplois les plus inattendus, servant à remplacer les tissus ordinaires faisant office de mouchoirs, employés à fabriquer des vêtements imperméables, des parapluies, des chapeaux, voire même des chaussures. Quelques-unes de ces dernières variétés sont, déjà, d'un usage régulier en Angleterre. Telles sont, notamment, les sortes épaisses, véritables cartons souples, auxquels nous venons de faire allusion, et qui, gaufrés à la surface, rendus imperméables par l'addition d'une certaine quantité d'huile, se retrouvent, à Londres, dans l'expo-

sition de MM. Letts et fils, utilisés pour la reliure des livres et surtout des registres de banque et de commerce.

Papiers chinois. Les Chinois fabriquent, en énormes quantités, de nombreuses variétés de papiers; les uns, à fibres de dimensions ordinaires, proviennent, en général, du bois de bambou macéré, lessivé en présence de matières alcalines par des procédés analogues à ceux dont nous faisons usage aujourd'hui pour le traitement des succédanés; les autres, à fibres longues, tout à fait semblables aux papiers du Japon, qui, d'ailleurs, ne sont que des imitations des anciens papiers chinois, et préparés, comme ceux-ci, à l'aide de l'écorce du mûrier.

A côté d'échantillons nombreux, les uns blancs, les autres fortement colorés, figuraient également de magnifiques spécimens de ce produit que l'on s'obstine à appeler encore papier de riz, quoique son origine soit aujourd'hui bien connue. L'on sait, en effet, que cette belle matière n'est autre que la moelle découpée, parallèlement à l'axe, d'un arbre de la famille des *Artocarpus*, auquel on donne le nom d'*Aralia papyrifera*. Extraite du centre du rameau qui la renferme, cette moelle est découpée en larges rubans au moyen d'un fer à tranchant très-vif, de la même façon que le liége pour la fabrication des bouchons; repassé ensuite sous un fer chaud, le copeau ainsi détaché prend la forme plane, en même temps que l'aspect doux et soyeux que nous lui connaissons.

Papier de coton. C'est au commencement du huitième siècle que les Arabes, ayant appris des Tartares les procédés de la fabrication du papier de coton, l'apportèrent sur les côtes de Barbarie, puis en Espagne; bientôt l'usage s'en répandit en Europe, et fit tomber celui du papyrus. Suivant une autre opinion, l'emploi du coton serait originaire de la Grèce, et connu seulement depuis le onzième siècle.

Papier de chiffons. On est porté à croire que c'est en Espagne, au douzième siècle, qu'a pris naissance la fabrication du papier de vieux linges, d'où elle passa en France vers la fin du treizième siècle ; dans le courant du quatorzième plusieurs fabriques de ce genre s'établirent en Allemagne et en Italie. Le premier moulin à papier anglais fut construit à Dartford, vers 1558, par un joailler allemand au service d'Elisabeth; cet établissement n'ayant pas prospéré, l'Angleterre tira encore pendant soixante-dix ans environ ses papiers à écrire de la France et de la Hollande, qui avait conquis une position éminente dans l'industrie du papier qu'elle a longtemps gardée. En 1608, on portait à une valeur de plus de 2 millions de livres tournois les papiers de toute espèce fabriqués en France, exportés en Hollande et en Angleterre.

Jusqu'en 1799, le mode de fabrication des papiers n'était arrivé que très-lentement à de légers perfectionnements, lorsque Louis Robert, employé dans une papeterie à Essonne, conçut un système mécanique qui devait être appelé à ouvrir une ère nouvelle à cette industrie longtemps stationnaire. Nous ne pouvons passer sous silence les principaux faits qui se lient à l'enfance de cette création entièrement neuve; ils serviront à constater les difficultés et les retards qu'elle rencontra dans son développement, et combien fut tardif son emploi général en France.

La machine de Robert avait pour objet de produire des feuilles de papier d'une certaine largeur et d'une longueur indéfinie, par un mouvement continu. L'inventeur obtint un brevet de quinze ans, et reçut de la part du gouvernement français une somme de 8,000 francs à titre d'encouragement; peu après, il céda à Léger Didot, alors directeur de la papeterie d'Essonne, son brevet et sa machine; ce dernier se rendit immédiatement en Angleterre, où il contracta plusieurs engagements pour la faire construire et fonctionner. MM. Didot et John Gamble, associés, prirent en Angleterre un brevet, en avril 1801, qu'ils concédèrent à MM. Henry et Sealy Fourdrinier, en janvier 1804, en se faisant une réserve que M. Gamble abandonna en 1808 après avoir épuisé son avoir; néanmoins, par trois années d'un travail opiniâtre, une machine avait été montée sous sa direction à Saint-Neot's, en 1803; elle était due à l'exécution intelligente et heureuse de M. Bryan-Donkin. Ce mécanicien, secondé par MM. Fourdrinier, parvint, en continuant ses travaux, à aplanir les plus grandes difficultés d'exécution mécanique, à rendre pratique la pensée de l'inventeur.

La première machine construite en France le fut en 1815 par M. Calla, mécanicien à Paris. MM. Berte et Grevenich, auxquels il fut délivré en 1811 un brevet d'importation de quinze ans, furent les premiers qui firent fonctionner en France la machine à papier; elle fut pendant plusieurs années la seule en activité. Les premières machines étaient dépourvues de cylindres sécheurs; le papier arrivait tout mouillé sur le dévidoir, de là il était porté aux étendoirs pour y être séché comme les papiers à la main.

M. Canson et MM. Montgolfier, des premiers, ouvrirent largement la route dans laquelle on hésitait encore à s'engager, pressentant les conséquences du nouvel ordre de travail; l'emploi des pompes aspirantes, le lessivage, le blanchiment au chlore, l'encollage à la cuve et beaucoup d'autres améliorations apparurent.

Le jury de l'exposition de 1827 constata l'existence, en France, de quatre papeteries seulement travaillant par procédés mécaniques. En 1834 il y en avait douze; aujourd'hui le nombre des machines s'est élevé à plus de trois cent. Lorsque cette machine fut réimportée en France, époque à laquelle l'Angleterre avait le privilége exclusif de fournir aux besoins de la papeterie, elle était loin de remplir les conditions désirables; elle devint un objet d'études pour nos meilleurs constructeurs. C'est particulièrement à M. Chapelle que nous devons, non-seulement d'être affranchi du tribut que nous payions à l'Angleterre pour cet objet, mais encore d'avoir exporté à l'étranger des machines dont la supériorité était telle, qu'elles ont été, dans la plupart des cas, préférées et substituées à celles de construction anglaise.

Parmi les tentatives qui ont eu pour but de fabriquer le papier à l'aide d'une machine, en suivant d'autres voies que celle tracée par L. Robert, nous devons remarquer celle dont la première idée est due à Ferdinand Leistenschneider, et pour laquelle il prit en 1813 un brevet; elle fut successivement perfectionnée par M. Zuber et M. Rieder. Cette machine a conservé le nom de son inventeur ; on la désigne aussi sous le nom de machine ronde, parce que sa forme est cylindrique au lieu d'être une table rectangulaire plane (nous renvoyons pour sa description au Bulletin de la Société d'encouragement, juillet 1837).

En septembre 1838, M. Et. Brocard prit un brevet de cinq ans pour une machine composée de plusieurs formes circulaires placées les unes à la suite des autres; chaque forme faisant sa feuille, elles se superposent et se réunissent en une seule en passant sous les pressions déjà décrites de la machine plate. Ce dispositif a pour objet de produire des papiers d'une grande épaisseur et d'une grande force, d'obtenir à volonté les deux surfaces de couleurs différentes entre elles, et différentes même de la partie intérieure, si l'on suppose trois formes, au moins, en travail. Un résultat analogue, quant aux papiers doublés, a été obtenu avec deux machines à table plane par M. de Burges pour l'exécution de son papier de sûreté. On pourrait encore citer pour une fabrication spéciale l'association de la forme plane à la forme ronde, qui a été adoptée par MM. Dufay frères; un brevet de cinq ans a été pris pour cet objet en

avril 1844. La fabrication des papiers doubles mécaniques convient surtout aux papiers de pliage, à l'encartage.

SUCCÉDANÉS DU CHIFFON. Bien avant les emplois prodigieux de papier auxquels nous sommes arrivés, vers la fin du siècle dernier déjà, les chiffons de linge, les seuls employés alors ou à peu près, devenaient rares. Pour suppléer à cette insuffisance, les vues se tournèrent naturellement vers des succédanés d'un prix accessible. Ce fut l'objet de nombreuses recherches; des essais sur des ligneux indigènes, le bois, les écorces, les graminées, etc., souvent tentés dans un intérêt de curiosité, servirent de jalons. Il s'agissait de revenir à l'emploi de la cellulose recoltée dans les plantes, puisqu'on ne pouvait plus l'avoir lessivée, blanchie, désincrustée comme la fournissent les chiffons. Quelques fabrications même furent entreprises, celles du papier de paille et de bois ; les procédés insuffisants ou dispendieux ne permirent pas de mener à bonne fin ces premières tentatives. Depuis lors, les transports rendus plus faciles, le prix moins élevé des principaux produits chimiques, le lessivage en vase clos, la régénération des lessives salines, vinrent tour à tour fournir des éléments nouveaux, féconds en heureuses applications. Dès ce moment, un champ nouveau fut ouvert à l'introduction d'un nombre considérable de matières fibreuses, plus ou moins textiles, propres à former un papier ou à entrer pour une part dans la pâte de chiffons. Enfin, les matières animales ne doivent pas être exclues, elles peuvent servir à produire des papiers ordinaires comme aspect, mais auxquels elles communiquent une solidité tout exceptionnelle : tels sont les débris de peaux façon buffle, qui n'exigent aucune préparation spéciale qu'une trituration par écrasement très-ménagé. Les nerfs, les intestins, etc., sont dégraissés à l'aide du sulfure de carbone.

Les végétaux à fibres textiles subissent, on le sait, avant d'entrer dans la fabrication des tissus, une macération qui met leurs fibres à nu, c'est le rouissage. Il détruit les principes fermentescibles qui enveloppent la cellulose ; cette première préparation a le double mérite de supprimer la cause qui pourrait engendrer ultérieurement, dans les tissus, une fermentation lente qui entraînerait l'altération de la cellulose même et d'amener la tige végétale à l'état où elle se prête le mieux au peignage, au filage, etc.

Nous dirons quelques mots sur cette opération, en nous plaçant au point de vue de la papeterie. La macération ou rouissage pratiqué de temps immémorial, est généralement resté l'objet d'un travail localisé là où croit la plante, par conséquent inégalement réparti et très-disséminé sur une grande étendue; le lin et le chanvre en sont un exemple. L'opération, pour être menée à bien, doit durer un temps rigoureusement fixé par le point de maturité du végétal (Voir article LIN). Si l'on considère l'encombrement qui résulterait de la presque simultanéité de la réception de la récolte, sa mise au routoir, les soins de direction et de détail qui doivent accompagner les progrès de la fermentation, l'on comprendra que ces conditions ne puissent facilement entrer dans le régime centralisateur manufacturier; de plus, une raison de salubrité vient s'opposer à la création de routoirs nombreux et agglomérés, d'où, on le sait, se dégagent des émanations délétères. Ce n'est pas tout; le rouissage terminé, la dessication immédiate de la tige ou la mise au lessivage est imposée en présence des dangers d'une altération plus profonde. L'usinier se trouve donc en présence d'une manipulation précipitée, irrégulière dans ses résultats, avec des chances de pertes et de nombreux embarras.

Ce qui est vrai en envisageant la marche du rouissage de lin, du chanvre et de ses analogues, ne le serait plus sous un climat qui offrirait une récolte presque continue d'essences plus vigoureuses supportant mieux les accidents presque inévitables de la fermentation.

Les macérations ne dissolvent et ne détruisent guère que les principes gommeux, albumineux, pectiques, etc.; les résines, s'il en existe, résistent; on les reconnaît à leur solubilité dans l'alcool, l'éther, et les liqueurs alcalines; c'est donc au lessivage qu'il appartient de compléter les moyens d'élimination des incrustations et de dégager la fibre textile.

Faut-il rappeler que chaque essence de textile donne en produit des fils et des étoffes essentiellement dissemblables par leur résistance à la traction, au frottement, par leur aspect, etc. A priori, on doit donc s'attendre à rencontrer, dans la recherche des succédanés, des caractères très-variés, avec des mérites tout aussi tranchés que ceux qui distinguent les chiffons de toutes origines. En outre le développement de la plante, sa culture, les conditions d'âge au moment de la récolte, modifient les qualités de la fibre. La papeterie est donc conduite à rechercher des matières vierges de la nature de celles qui conviennent à l'industrie des textiles, en lui abandonnant celles dont les fibres sont les plus longues.

En effet il y a à tenir compte du prix de revient de ces nouvelles matières. Les chiffons étant abandonnés à la papeterie qui seule en a l'emploi, celle-ci a établi le prix de ses produits sur la valeur vénale des chiffons; mais, en présence des matières à prendre dans leur état pour ainsi dire primitif et aux mêmes sources que l'industrie des toiles, leur coût et les nouveaux frais de traitement préalable ne sont plus en harmonie avec ceux du chiffon et, conséquemment, du prix usité du papier. Restent donc les matières les moins recherchées pour le tissage ou appliquées à des tissus grossiers, puis viennent les tiges moins riches, moins résistantes. Les Indes, les régions tropicales, encore imparfaitement explorées, offrent des ressources inépuisables en végétaux fibreux. L'usage en est encore réduit aux limites qu'imposent les conditions économiques d'exploitation et de transport actuelles.

Le point important pour le fabricant est de saisir les appropriations les plus économiques des succédanés qui lui sont offerts, et de ne pas compter obtenir de ces textiles autre chose que ce qu'ils peuvent réellement donner. En effet, un examen sévère assigne à chacun d'eux le rang qui lui appartient profitablement; ceux-ci remplaceront parfaitement le chiffon, ceux-là n'y seront admis qu'en mélange, d'autres feront l'office de remplissage, produiront l'épaisseur sans contribuer à la ténacité: ces derniers impropres, seuls, à la formation d'une feuille ne seront déjà plus des succédanés; tout au plus figureront-ils comme adjuvants.

L'usage des succédanés, en outre des avantages généraux qu'il procure, laisse les chiffons aux fabrications auxquelles ceux-ci sont indispensables et réalise pour le fabricant qui les emploie tout préparés une économie sur les frais généraux, par l'accroissement de sa production, sans augmentation sensible de son matériel.

Les succédanés, pour passer à l'état de demi-pâte, exigent des traitements divers, à l'aide d'un matériel particulier, souvent avec une dépense considérable de travail mécanique et d'agents chimiques spéciaux. Il y a souvent nécessité et en général au moins grand avantage à traiter les matières premières, ou sur le lieu de leur provenance, ou sur le point de leur arrivage, à l'état vert par macération, puis à transporter le produit aux papeteries où le mélange s'opère avec le chiffon ou entre succédanés, sans entraîner la complication d'une fabrication annexe.

Les succédanés que l'on peut obtenir en grande quantité et à bon marché sont nombreux. Les plus employés sont: les bois blancs, la paille, le sparte, l'alfa, le jute; viennent ensuite l'aloës, le palmier nain, le diss, le china-grass, le maïs, le sorgho, la canne à sucre, etc., etc.

Les succédanés les plus à notre portée et, par ce fait, les plus employés sont: le bois, la paille et le sparte; nous en indiquerons sommairement les préparations: elles peuvent servir de bases au traitement de la plupart de ceux que nous avons énoncés à la suite.

Bois. Les bois blancs soumis au râpage peuvent être réduits en une pâte fibreuse qui comporte toute la cellulose et la majeure partie des matières incrustantes, résineuses, etc., etc; aussi est-ce surtout une matière de remplissag e qu'on obtient ainsi.

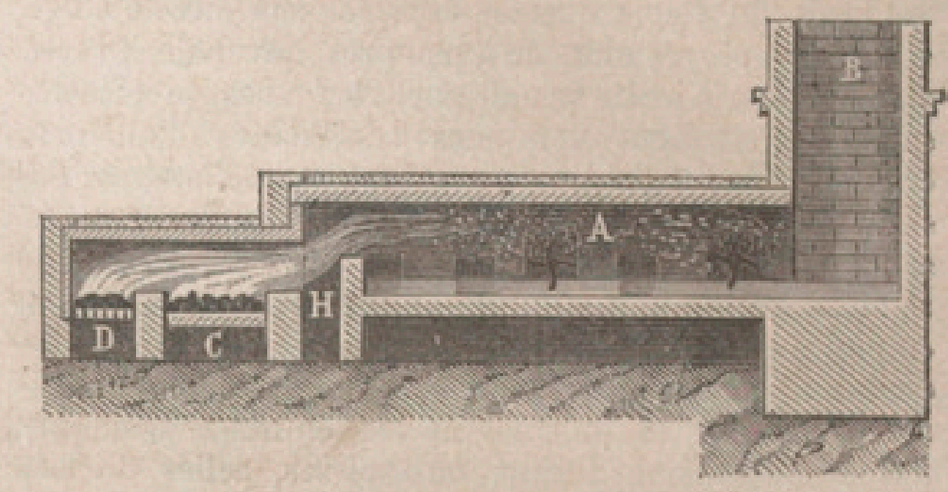
La pâte reste du même blanc que le bois dont elle provient. Le défibrage emploie une force motrice considérable; le déchet est minime: le sapin en produit moins que le tremble, le pin et le bouleau. La meilleure machine pour ce travail est due à M. Voelter de Heidenheim (Wurtemberg). Il emploie une meule en grès, qui forme une râpe naturelle, qui arrache les fibres, sans les couper, et le produit nageant dans l'eau est tamisé à travers des toiles métalliques. Cette pâte est appréciée pour plusieurs fabrications; celle des rouleaux de tenture, notamment, qui ne doivent pas trop se gonfler par l'humidité, ce qu'empêche la persistance des matières incrustantes et résineuses. Un grand nombre de fabriques se sont établies à proximité des forêts et de puissantes chutes d'eau, dans les départements des Vosges, de l'Isère, en Suède, en Suisse

Le bois traité chimiquement. est, de tous les problèmes qui ont eu pour objet un succédané abondant, celui qui a été le plus travaillé: c'est dire qu'il est resté longtemps sans solution économique. Depuis peu, d'importantes modifications ont été introduites dans la construction des appareils à lessiver le bois, dans le but d'accroître le pouvoir dissolvant des alcalis par une température portée jusqu'à 200°, laquelle correspond à une pression de 15 atmosphères. L'effet obtenu sur les matières incrustantes et autres que la cellulose, dégage complétement celle-ci en lui conservant son intégrité. Elle affecte même, dès sa sortie de l'autoclave, toutes les apparences d'une demi-pâte régulière et fibreuse. Les tentatives hardies qui ont conduit à ces résultats sont dues à l'initiative de fabricants anglais. Un côté de la question paraît être ainsi résolu, reste celui du prix de revient qui ne peut s'établir que par un usage prolongé. M. Aimé Girard, dans son rapport sur l'industrie de la papeterie à l'exposition internationale de Londres en 1872, est entré sur les succédanés, et notamment sur le bois, dans des détails pleins d'intérêt.

Dans le traitement chimique des succédanés, la soude figure dans des proportions considérables. Elle atteint parfois 80 pour 100 de la pâte sèche. Il importe beaucoup de régénérer cette soude saturée de principes végétaux, ce qu'on n'a pu faire jusqu'à présent que pour une partie, soit 50 à 70 p. 100 du poids primitif employé. Le procédé consiste à envoyer les lessives chargées à un appareil évaporatoire utilisant la chaleur des gaz de la combustion qui s'échappent des générateurs, puis à calciner, après concentration des liquides, dans les fours à reverbère. On emploie avantageusement le four Porion, représenté fig. 15 et 16, dans lequel la lessive est projetée par des palettes au milieu du courant d'air. Avec son aide on évapore ou on entraîne jusqu'à 13 kil. d'eau par kilogramme de houille brûlée. Plusieurs industries appliquent également ces moyens d'utilisation des résidus salins.

Paille. La paille, après avoir été coupée au hache-paille et les nœuds séparés au besoin à l'aide de la ventilation, est lessivée en vase clos, soit dans un appareil rotatif chauffé à la vapeur, soit dans un appareil fixe avec agitateur intérieur et chauffage à feu nu. La pression est poussée jusqu'à 5 atmosphères ou réduite à 1 atmosphère et demie, en raison de la dureté de la paille ou de la qualité à réserver à la pâte. La paille la plus résistante est celle de seigle; viennent ensuite celles de froment et d'avoine. La chaux se dose de 10 à 15 pour 100 pour les pâtes bises et de 15 à 20 pour 100 de sel de soude du commerce pour les pâtes à blanchir. La

Fig. 15.



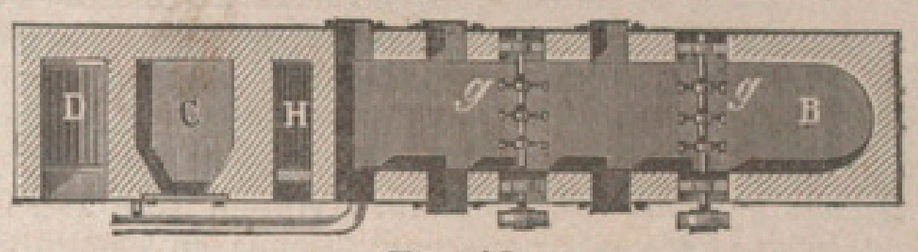


Fig. 16.

paille avant de passer au lessivage gagne à être mise en macération au lait de chaux, à opérer ainsi, pendant un temps suffisant, un véritable rouissage. Le moulin à meules verticales, nous le rappelons ici, s'approprie au raffinage de la paille après défilage.

Chacun connaît le papier jaune ou brun pour enveloppe fabriqué avec la paille. La pâte blanche s'obtient par 8 à 12 pour 100 de chlorure de chaux; elle est rarement employée seule: le papier obtenu est presque toujours d'un aspect vitreux, d'une rigidité qui n'accepte pas volontiers l'impression typographique. Cette pâte employée en mélange donne du ressort à la feuille: en garnissant les interstices des fibres longues des chiffons durs, elle les unit entre eux. Elle accroît donc la densité de la feuille et l'amincit. Ces pâtes mixtes conviennent aux journaux, papiers de tenture et pour certains pliages.

Le rendement de la paille est de 40 à 45 pour 100.

Sparte. — Alfa. Le sparte d'Espagne et l'alfa d'Algérie sont d'un traitement facile par 15 pour 100 de soude caustique, sous pression de 1 atmosphère 1/4 seulement. Le blanchiment s'obtient par 10 à 12 pour 100 de chlorure de chaux. Ils sont d'un effilochage qui exige peu de force motrice; la pâte en est souple, douce et donne de l'épaisseur à la feuille; elle est le correctif, on le voit, de la pâte de paille.

La récolte de cette plante doit être faite par l'arrachement de la feuille sans en entrainer la racine, une fois ou deux au plus dans l'année. Par la coupe ou l'enlèvement réitérés, les fibres de la plante perdent de leur ténacité. C'est un point sur lequel le fabricant doit être édifié et obtenir toutes garanties.

Le traitement mécanique des succédanés à l'usine diffère peu de celui qui est appliqué aux chiffons. Il y a nécessairement à tenir compte de la dureté et de la longueur propre des filaments et, comme toujours, à modifier les moyens en raison du genre de produit à obtenir.

HANRIOT.

Comme curiosité, nous ajouterons que le nombre des végétaux qui peuvent fournir la cellulose à l'état fibreux, pouvant à la rigueur donner du papier (indépendamment des conditions du prix), est extrêmement considérable. On voit au British Muséum, un livre écrit en langue hollandaise et publié en 1772, imprimé sur 72 sortes de papiers provenant d'autant de matières différentes.

Enfin, nous le répéterons, souvent avec les matières

plus ou moins filamenteuses qui peuvent suppléer au chiffon, on emploie dans la fabrication du papier des substances accessoires généralement pulvérulentes, du sulfate de baryte, du kaolin, du sulfate de chaux, dans le but d'augmenter la fermeté du papier, de lui donner de la main, et souvent, il faut bien en convenir, d'ajouter à son poids. L'emploi de la fécule de pommes de terre est aujourd'hui général.

PAPIER DE SURETÉ. La question des papiers de sûreté a pris une importance considérable à une époque où les sciences chimiques et physiques permettent la contrefaçon de toutes les écritures, faites avec des encres délébiles ou indélébiles, au moyen du transport sur pierre ou de la photographie. Il est par suite utile de faire connaître les principaux moyens qui ont été successivement proposés pour mettre les actes publics ou privés à l'abri du faux et de la contrefaçon, en rappelant que les papiers timbrés et les papiers de sûreté peuvent être, soit *altérés* partiellement, soit *contrefaits*, soit enfin *lavés* au moyen de réactifs qui enlèvent l'écriture qui est à leur surface.

Le premier procédé que nous rappellerons est celui de M. Maugard, en date de 1791, consistant dans l'emploi d'un talon de sûreté, imprimé d'une vignette à combinaisons et d'un timbre sec sur une surface marbrée. Ce talon de sûreté, disait l'inventeur, prévenait la création de billets faux; car il eût été impossible aux faussaires de faire raccorder les billets créés par eux avec les talons des billets véritables. Il n'en est pas ainsi, puisqu'on pourrait actuellement contre-épreuver exactement ces billets, qui d'ailleurs n'offraient aucune garantie contre l'altération des sommes inscrites sur leur surface.

En 1818, M. G. Dorsay prit un brevet pour un papier de sûreté *sensitif*, qu'il fabriquait, soit en mêlant dans la pâte du papier, alors qu'elle était en cuve, une certaine quantité de prussiate jaune de potasse, soit en immergeant, feuille à feuille, le papier fabriqué, mais non collé, dans une dissolution de cette substance. Ce papier de sûreté, ainsi que tous ceux qui ont été fabriqués depuis sur le même principe, n'offre pas de garantie; car la chimie fournira toujours les moyens de faire disparaître les taches que les réactifs, employés pour détruire une phrase ou un corps d'écriture, auront fait paraître à la surface de sûreté.

Une première commission académique, dont M. d'Arcet était le rapporteur, examinant, sur la demande du garde des sceaux, la question des papiers de sûreté, présenta à l'Académie, à ce sujet, en date du 6 juin 1831, un rapport par lequel elle rejetait tous les papiers de sûreté qui lui avaient été soumis, et proposait: 1° l'emploi d'une encre indélébile, composée d'encre de Chine délayée dans un mélange d'eau et d'acide hydrochlorique marquant 1° 1/2 B.; 2° l'impression sur $0^m,04$ de largeur, au milieu de la feuille de papier, d'une vignette gravée au tour à guillocher sur un cylindre de cuivre, en ayant soin de faire usage, pour l'impression, d'encre ordinaire épaissie ou de boue d'encre. En limitant ainsi la surface de la vignette délébile à $0^m,04$ au lieu d'en recommander l'impression sur toute la surface de la feuille, la commission abandonnait ainsi la question du faux partiel pour ne s'attacher qu'au lavage du vieux papier timbré. D'un autre côté, on est parvenu à transporter sur pierre lithographique toutes les écritures délébiles et indélébiles, grasses ou non, par voie de transport lithographique proprement dit ou par voie photographique, de sorte que les conclusions de ce rapport n'ont plus actuellement de valeur.

En 1834, M. Mozard prit un brevet pour un nouveau papier de sûreté qu'il fabriquait, en imprimant une vignette en encre délébile sur une feuille mince de papier encore humide et non terminée, et en recouvrant cette première feuille imprimée d'une seconde feuille de papier aussi fraîchement fabriquée; puis en cylindrant et en séchant ces deux feuilles juxtaposées. Ce papier présente un grave inconvénient, le décollage facile des deux feuilles; ce qui rend aisée toute espèce de faux partiels et généraux, ainsi que le blanchiment total. En outre, la disposition intérieure de la vignette délébile fait qu'elle n'est pas assez accessible aux agents chimiques employés par un faussaire adroit, et, d'un autre côté, le manque de pureté de la vignette de ce papier, ainsi que l'inégalité de sa teinte générale, constituent des vices radicaux au point de vue du faux partiel.

Une seconde commission, dont M. Dumas était rapporteur, s'occupant de nouveau de la question des papiers de sûreté, sur la demande du ministre des finances, fit, le 23 février 1837, un rapport par lequel, rejetant tous les procédés qui lui avaient été soumis, elle proposait:

1° L'impression sur chaque face du papier d'un filigrane très-fin et indélébile;

2° L'impression d'une vignette délébile composée de figures géométriques très-petites, parfaitement identiques et manuellement inimitables.

Elle rappelait en même temps que le meilleur préservatif contre toutes les falsifications d'écriture consiste dans l'emploi de l'encre de Chine acidulée.

Les moyens proposés par la commission, quoique offrant une garantie bien plus grande que tout ce qui avait été fait jusqu'alors, n'ont pas été adoptés; il est juste de dire que la présence de l'encre grasse rend plus difficile le travail de l'écrivain.

Plus tard, en 1840, deux nouveaux inventeurs, MM. Zuber et Knecht, se présentèrent à un concours ouvert par une commission spéciale nommée par le ministre des finances.

Le papier présenté par M. Zuber était fait à la machine et imprimé, à la suite du premier cylindre sécheur, avec de l'encre délébile et des rouleaux en cuivre gravés à la molette, semblables à ceux dont se servent les fabricants d'indiennes.

Le papier de M. Knecht était fabriqué à la forme, imprimé à la presse lithographique de M. Perrot, et couvert d'une vignette gravée primitivement en creux sur une planche-matrice, par la machine de M. Neuber, puis contre-épreuvé sur pierre par les procédés connus en lithographie.

Sans nous arrêter à discuter les défauts de ces papiers de sûreté, ce qui nous exposerait à des redites, nous rappellerons seulement que la commission précitée, tout en déclarant que le problème n'était pas résolu d'une manière absolue, proposa à M. le ministre des finances de partager entre les concurrents déjà nommés et M. Deburge, qui présentait le papier Mozard, le prix de 60,000 francs voté par les chambres.

On n'a pas persévéré dans la voie de recherches dont nous parlons ici, pour augmenter la difficulté d'altérer les actes écrits sur papier timbré. Ce n'est guère que pour les titres de valeurs financières, et surtout pour les billets de banque, que l'on s'est préoccupé de déjouer l'adresse des faussaires qui trouvent dans la lithographie, et surtout dans la photographie, des moyens d'action dont il y a lieu de se préoccuper. C'est en imprimant des teintes de fond, sur lesquelles vient se placer l'impression du texte, que l'on contrarie l'exécution d'un report qui ne saurait s'appliquer à une partie seulement de l'encre grasse déposée sur le papier. L'emploi de l'encre bleue, au lieu de l'encre noire, et aussi l'impression simultanée des deux faces sur papier transparent, constituent les obstacles les plus grands que l'on sait aujourd'hui appliquer aux contrefaçons par la photographie, surtout en y ajoutant des rentrées d'impressions de chiffres en noir, obtenues avec des numéroteurs-imprimeurs dont nous avons expliqué le jeu à l'article IMPRIMERIE du *Complément*.

PAPIER PEINT.

PAPIER PEINT. Ce sont les Chinois qui ont les premiers recouvert des papiers de dessins et de fleurs destinés à décorer les appartements, à servir de tentures.

En Angleterre et en France, cette industrie ne commença à prendre quelque importance qu'en s'appuyant sur la fabrication des toiles peintes, dont elle emprunta les procédés. C'est ainsi qu'en 1780, à Chelsea, Georges et Frédéric Echardt imprimèrent des papiers peints, en même temps que des tissus de soie ou de toile; il en fut de même de François, de Rouen; mais ce ne fut qu'à Paris, entre les mains de Reveillon (dont la fabrique fut saccagée au commencement de la Révolution), que cette industrie commença à prendre son essor. Elle a été longtemps toute française et on peut même dire toute parisienne, car c'est au faubourg Saint-Antoine qu'elle a fait tous ses grands progrès, qu'elle a pris son grand développement, en tirant parti des ressources que lui offrait le progrès des sciences, et surtout en étant dirigée par de véritables artistes donnant à ses produits un cachet d'élégance et de bon goût.

Nous allons suivre, pas à pas, les diverses périodes de cette fabrication.

Fonçage. — Pour presque toutes les sortes de papiers peints, à l'exception de celles à très-bas prix, on recouvre le papier d'une teinte plate à l'aide d'une couche de couleurs préparées comme presque toutes celles employées pour la fabrication des papiers peints, c'est-à-dire tenues en suspension dans de la colle et épaissies avec du blanc, habituellement de la craie, pour lui donner de l'opacité.

Pour foncer le rouleau de papier, le fonceur l'étend sur une table, et prend, de chaque main, une brosse dont les soies sont très-longues. Avec la brosse de la main droite, il prend la couleur placée dans un baquet au bout de la table, et l'étend sur toute la surface du papier; puis, avec la brosse de la main gauche, il passe sur les parties non couvertes, en faisant des mouvements circulaires. Viennent ensuite un ou deux enfants, qui passent légèrement de longues brosses rondes ou carrées sur toute l'étendue du rouleau, pour unir le fond et éviter les nuances qui apparaîtraient si ce travail n'était pas fait régulièrement; ensuite, ils placent deux baguettes droites, un peu plus longues que la largeur du rouleau, et prennent chacun une latte de 1 mètre 80 à 2 mètres de longueur. La partie supérieure de la table possède une rainure pour recevoir la baguette; on enlève le papier de la table, et on le place sur des tringles fixées au plafond.

Cette façon se prêtait facilement à une exécution par procédés mécaniques; aussi a-t-elle pu être exécutée ainsi, dès que le problème de la fabrication automatique a été poursuivi pour la fabrication des papiers peints.

La machine à foncer comprend : un système de cylindres sur lesquels circule le papier, qui reste tendu entre deux d'entre eux, à la partie antérieure; un rouleau fournisseur qui plonge d'une part dans un baquet plein de couleur, et d'autre part presse sur le papier à mesure qu'il se déroule; enfin, tout le travail d'égalisation est effectué par une série de grosses brosses rondes, animées d'un mouvement épicycloïdal assez rapide, qui étalent la couleur et rendent la teinte uniforme.

Impression. Le papier, recouvert uniformément de la teinte plate qui forme le fond, est soumis à l'impression des couleurs du dessin, à l'aide de planches semblables aux blocs des imprimeurs sur étoffes, sauf qu'elles sont en général plus larges. Elles sont nécessairement garnies de picots aux quatre coins pour déterminer les rentrures, qui sont une des difficultés de la fabrication à cause des retraits et des allongements du papier, sous l'influence de l'humidité, surtout eu égard à la grande longueur du rouleau. Aussi n'est-ce en général que pour des sujets isolés, des paravents, par exemple, qu'on rentre un très-grand nombre de planches et, par suite, de teintes et de couleurs successives.

Avec toute la facilité que donne le grand relief des gravures pour prendre la couleur sans réunion de traits consécutifs, il faut encore un moyen convenable de prendre la couleur qui, peu épaissie par la colle, à l'état de boue liquide, se prête difficilement à une distribution convenable. On y parvient à l'aide d'un *baquet* analogue à celui des imprimeurs sur étoffes.

Ce baquet est une caisse remplie d'eau sur laquelle on fait reposer un cadre garni d'une peau de basane, dont elle conserve la souplesse; sur ce cuir, on place les châssis mobiles ou les draps fins sur lesquels on égalise la couleur avec une brosse. Il est clair qu'il faut autant de draps que de teintes.

Pour déterminer la pression nécessaire à l'application de la couleur sur le papier, on se sert d'un levier formé d'une longue perche de bois que l'on place sur la planche appliquée sur le papier. L'une des extrémités de ce levier est passée sous une forte traverse, et sur l'autre extrémité un enfant produit une pression considérable par le poids de son corps, après que l'ouvrier a disposé convenablement la planche.

Quand l'ouvrier a successivement appliqué la planche sur toute la surface du papier, il l'étend pour le laisser sécher; puis, par un semblable travail, il applique, en se servant des repères, toutes les teintes à l'aide de planches gravées convenablement, en laissant sécher entre chaque opération.

Impression à l'aide de rouleaux. — La machine à rouleaux gravés en relief (qui convient le mieux pour l'impression du papier qui n'absorbe pas la couleur, qui ne peut, par suite, supporter aucune pression après l'application de la couleur) est arrivée aujourd'hui à un état de perfectionnement très-remarquable. M. Leroy a le premier, à Paris, employé des machines de ce genre à un ou deux rouleaux, qui aient fonctionné industriellement et d'une manière très-satisfaisante. Le principe de ces machines est le même que celui des métiers à surface, que nous avons donné à l'article IMPRESSION SUR ÉTOFFES; c'est à l'aide d'un drap sans fin, convenablement tendu, et en partie plongé dans la couleur, qu'on parvient à répartir celle-ci sur les cylindres.

Cette machine réussit admirablement pour faire des rayures de tout genre avec une grande économie. Les rouleaux obtenus facilement en cuivre jaune, à l'aide du tour, viennent déposer la couleur sur le papier. Sur les surfaces larges, cette application est difficile, et il peut arriver souvent que la teinte ne soit pas uniforme, la pression et la vitesse du mouvement déterminant des marbrures. Pour cette fabrication, M. Leroy a atteint la perfection par l'addition d'un châssis portant de petites brosses correspondant aux parties saillantes du rouleau, qui rencontrent le papier après l'action de celui-ci, et égalisent la couleur.

Dans la petite et simple machine dont nous parlons, le papier est pressé sur les cylindres imprimeurs par un gros cylindre couvert de molleton, qui tourne seulement par l'effet de la pression qu'il exerce sur les cylindres. Une manivelle donne le mouvement aux axes des rouleaux, qui sont commandés par des engrenages.

La régularité de la largeur du papier mécanique (mis en général de largeur sur la machine même par des cisailles circulaires) permet au papier, guidé par une partie cylindrique à rebords, sur laquelle il passe avant d'arriver au cylindre, de se représenter assez régulièrement pour que des impressions de raies successives puissent parfaitement s'exécuter.

Le problème de l'impression au rouleau serait entiè-

rement résolu à l'aide de machines simples, formées d'un ou deux petits rouleaux mûs à bras, s'il pouvait en être de même dans le sens de la longueur du papier; mais, pour cela, il faudrait des rouleaux de dimensions mathématiques, afin que les rentrures ne laissassent rien à désirer. Resterait encore la difficulté insurmontable des variations de la longueur du papier alternativement mouillé et séché.

Il a fallu arriver à l'application simultanée de toutes les couleurs; les ingénieuses machines de MM. Leroy et Bissonet (qui a travaillé dans la même voie) étaient insuffisantes pour résoudre complétement le problème. C'est à Manchester qu'on y est arrivé, grâce à toutes les améliorations qu'y avait reçu le métier à surface, employé avec persévérance, à cause du bon marché de sa production dans l'impression des toiles peintes. Ce ne sont plus de petites machines à 2 ou 3 cylindres qui sont maintenant employées, mais de grandes machines à 8, 10 et même 20 couleurs.

Nous allons décrire une de ces machines, à 8 couleurs, que construit Gadd de Manchester, pour l'impression des étoffes de laine et des papiers peints. Nous ferons remarquer que le grand obstacle à l'adoption de ces machines résidait dans la difficulté de l'exécution des cylindres gravés, devant être de diamètres égaux pour être bien en rapport, et nécessairement bien plus coûteux que les planches gravées. Toutefois, en vernissant le bois de poirier qui sert à les fabriquer, en chapeaudant (garnissant de feutre) les grandes surfaces sur lesquelles la couleur marbre facilement, en appliquant des clichés sur des noyaux, on est arrivé à une fabrication qui a envahi tous les articles de consommation courante, pouvant trouver d'assez grands débouchés pour rembourser des frais d'établissement fort élevés, et ne laisse à la planche plate que les produits de luxe de faible consommation.

La figure 1976 est une coupe de la machine à 8 couleurs de Gadd. B est le gros cylindre creux et renforcé par des bras intérieurs; *c*, *c* sont les rouleaux gravés en relief, fournis de couleur par le drap sans fin ou linge *f*, tournant autour des rouleaux de tension en bois DD. Un petit rouleau est pressé par une vis de manière à appliquer le feutre contre le rouleau fournisseur qui tourne dans une auge à couleur en cuivre G. Deux rouleaux de tension D, D, sont placés près de la surface du gros cylindre et sont mus au moyen de la vis H entre deux glissières; de la sorte le feutre est convenablement pressé contre le rouleau gravé. En quittant le rouleau fournisseur, le feutre passe sous la racle (*le docteur*) I, amené par une vis K près de sa surface.

Le rouleau imprimeur étant en relief, cette machine est débarrassée de la complication de leviers employés pour le rouleau dans la machine servant habituellement pour l'impression des indiennes, et, par suite, est très-simple. Pour les tissus, cette machine ne sert que pour des dessins peu délicats, les contours ne sont pas très-nets; mais les couleurs déposées sur la surface de l'étoffe sont très-riches. Avec du soin et de l'habileté, on obtient avec son aide des papiers peints d'exécution assez satisfaisante, d'une grande richesse de couleurs avec une minime dépense de main-d'œuvre.

Rouleaux gravés en creux. — L'emploi des rouleaux gravés en creux, absolument semblables à ceux qui servent pour l'impression des étoffes, convient pour quelques genres de papier peint, peu chargés en couleur. C'est ainsi que M. Zuber, de Rixheim, près Mulhouse, les emploie, dans sa belle fabrique, pour faire des dessins très-délicats, des tarots de cartes, etc.

Pour imprimer les papiers rayés, M. Zuber a inventé une machine qui est formée essentiellement d'un petit réservoir composé d'autant de compartiments qu'on veut produire de bandes. Ces compartiments, percés d'ouvertures régulières, représentent une série de *tire-lignes* liés entre eux et immobiles. On les remplit de couleur, et on fait glisser le papier par-dessous. De cette manière, les couleurs se transmettent sur toute la longueur du papier, avec une régularité parfaite.

Séchage. Le papier est séché sur des perches où il est placé, plié en quatre (le rouleau a 25 pieds de long), ce que font rapidement les enfants qui placent deux bâtons en des points convenablement situés. Ils les posent sur des *ferlets*, espèces de béquilles portant une gorge pour recevoir la baguette, et, l'élevant à l'aide de celle-ci, font passer le papier sur les traverses de la pièce maintenue à une température assez élevée.

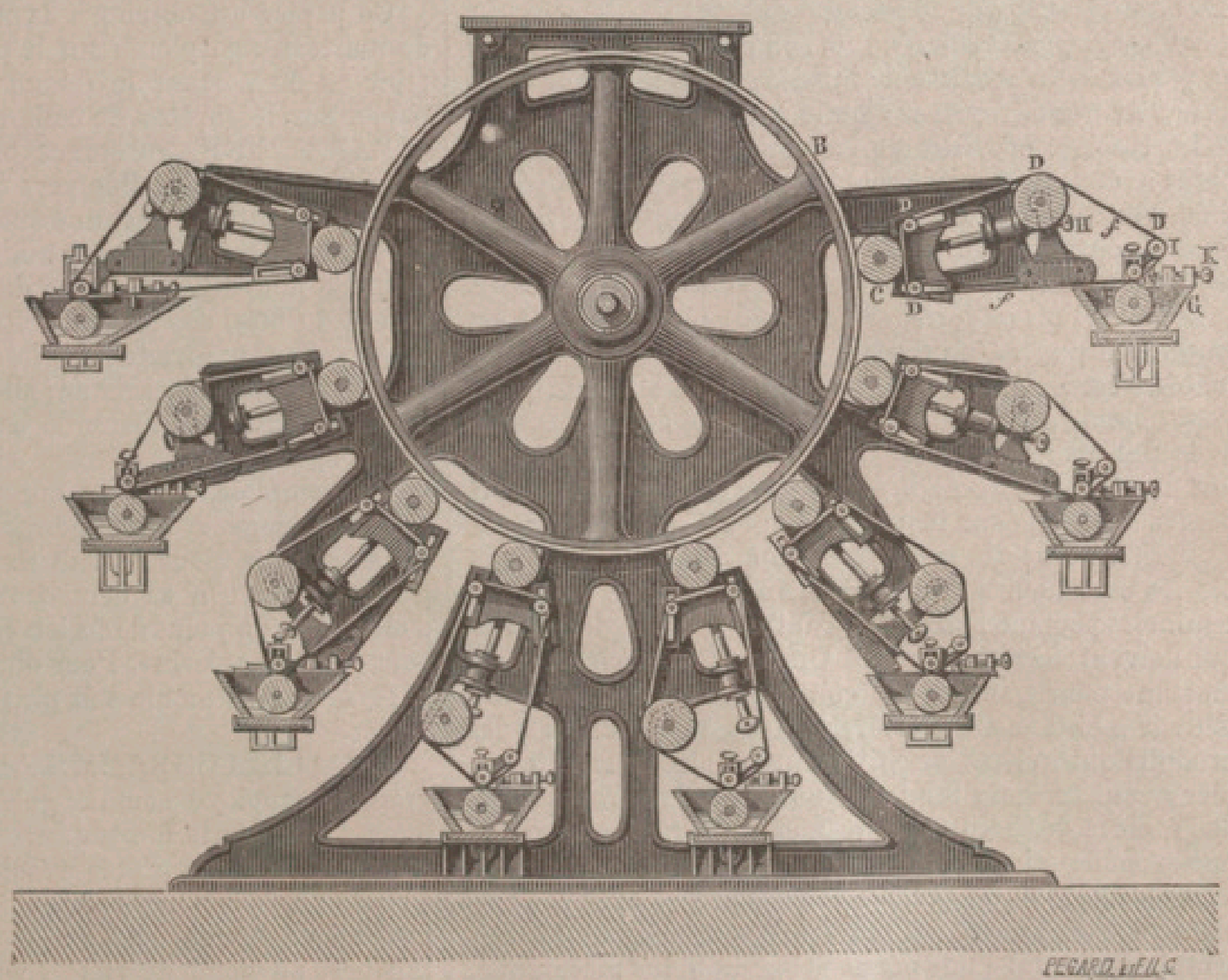


Fig. 1976.

Une plieuse mécanique, inventée en Amérique, s'adapte à la machine décrite ci-dessus, et vient placer les feuilles sur les baguettes de l'étendoir. En rendant celles-ci mobiles, on sèche ces feuilles, en parcourant l'étendoir dans sa longueur ou dans l'allée et le retour au besoin.

Lissage. Le papier séché est redressé par son enroulement (moyen général et nécessaire chaque fois que le papier a été mouillé, que sa surface n'est plus plate). On le lisse à l'aide d'une règle en bois ou d'un petit cy-

lindre en cuivre, que l'on promène sur sa surface, la face colorée étant en dessous. Aujourd'hui, on emploie bien plus fréquemment le satinage mécanique, obtenu en donnant au petit cylindre de cuivre un petit mouvement de va-et-vient. Le papier se déroule, et passe sous la lisse par l'effet de rouleaux d'appel.

Couleurs. Les couleurs employées dans la fabrication des papiers peints sont: Pour le *blanc*, la céruse, le blanc de zinc, le blanc d'Espagne ou la craie.

Pour le *jaune*, les couleurs préparées avec la gaude, la graine d'Avignon ou la graine de Perse, le chromate de potasse, l'ocre.

Pour le *rouge*, les extraits de bois du Brésil.

Pour le *bleu*, le bleu de Prusse, les cendres bleues, le sulfate de cuivre.

Pour le *noir*, les noirs d'os, le charbon.

Pour le *violet*, les extraits de bois de Campêche.

Pour le *vert*, les cendres vertes, et surtout le vert de Schweinfurt, qui est extrêmement riche, mais qui doit être employé avec modération puisqu'il est à base d'arsenic. Les poussières détachées du papier peuvent être nuisibles.

Papiers de luxe. Dans tout ce qui précède, nous nous sommes surtout occupés de papiers mats ou communs; ces procédés reçoivent quelques modifications ou compléments pour des fabrications de luxe, parmi lesquelles on doit distinguer:

1° Les papiers satinés, auxquels on donne le *brillant* ou *satin* au moyen d'un mélange de *sulfate de chaux* ou d'*alumine* qu'on introduit dans la couleur, et en les soumettant à l'action de la brosse;

2° Les papiers *veloutés*, que l'on obtient en fixant sur ce papier de la tontisse de laine avec un mordant composé de céruse broyée et d'huile cuite.

La tontisse provient de la tonte des draps; elle sert après avoir été teinte, moulue, réduite en poussière, puis blutée, afin d'être amenée au degré de finesse voulu pour s'attacher solidement au mordant, avec lequel on a imprimé, lorsqu'on la soulève en poussière.

3° Les papiers *dorés* et *argentés*, pour lesquels on emploie les mêmes procédés que pour les papiers veloutés, c'est-à-dire qu'on imprime d'abord le dessin qu'on veut obtenir avec le *mordant gras*, puis on le recouvre avec des feuilles minces de métal. Le papier doré se fait avec de l'*or faux;* il n'en est pas de même pour le papier argenté, pour lequel on emploie l'argent pur.

4° Enfin les *papiers gaufrés*. On a reproduit avec succès les beaux cuirs de Cordoue, au moyen de cylindres laminoirs portant l'un creux, l'autre en saillie, les parties qui doivent former le relief. On peut se servir de cette machine pour gaufrer des cuirs, mais surtout on peut obtenir à bien meilleur marché, avec du papier fort, des produits qui imitent parfaitement le cuir gaufré. Ce papier ayant reçu un fond par une première impression, de la teinte des saillies, imprimée au vernis gras, reçoit une seconde teinte, celle du fond, pendant le gaufrage, le rouleau gravé en creux faisant office de cylindre imprimeur, étant encré au moyen d'un encrier tout à fait semblable à celui d'une presse typographique mécanique. Ces deux teintes différentiant bien le fond et le relief, produisent un bel effet et notamment rendent tout à fait l'effet du cuir. On peut y ajouter des dorures et reproduire les modèles les plus riches.

Papiers de fantaisie. On comprend sous cette dénomination tous les papiers dorés et argentés, peints ou imprimés, unis, découpés, les papiers-porcelaine blancs ou peints, destinés à la reliure et aux cartonnages.

Papiers marbrés. Les papiers marbrés sont obtenus par un procédé tout particulier, qui consiste essentiellement à projeter des gouttes de couleur sur de l'eau suffisamment épaissie, à les agiter de manière à produire des formes plus ou moins bizarres, enfin à appliquer un papier sur cette surface, laquelle s'imprime par simple adhérence des couleurs; il n'y a plus qu'à laisser sécher et à satiner.

Le bain, les eaux s'obtiennent avec de l'eau dans laquelle on fait dissoudre de la gomme et dans laquelle on a fait quelquefois bouillir de la graine de lin, qu'on a amenée, en un mot, à un degré d'épaississement convenable.

Les couleurs sont mélangées de fiel de bœuf, étendues au besoin d'alcool et d'eau dans des proportions égales. Ces couleurs sont projetées à la surface de l'eau, puis avec un peigne, formé de tringles de bois munies de dents, amenées à toucher la surface, on forme pour chacune d'elles une onde, un frison, et on continue cette action de place en place. Le dessin varie donc suivant qu'on a brouillé les couleurs, ce que l'ouvrier apprend à faire de manière à obtenir un genre de papier voulu.

Pour imprimer la feuille, il faut la déposer sur l'eau du baquet en commençant par un bout, puis on la relève couverte des couleurs adhérentes, formant les dessins résultant de la manière dont elles ont été déposées et des mouvements du peigne.

Papier dentelle. C'est en France qu'on a inventé cette fabrication de papier mince percé à jour et imitant la dentelle, pour l'enveloppe des bonbons et la décoration des reliquaires. Nos marchands d'estampes l'ont fait servir à la bordure de l'imagerie religieuse, et la France fournit aujourd'hui au monde catholique entier, des images de saints et des emblèmes religieux relevés par des applications d'or, d'émail, de velours, etc., tous ornés d'un entourage en papier-dentelle.

Ce papier est obtenu à la main par le choc répété de marteaux en plomb sur le papier, placé sur une matrice en fer portant le dessin gravé, jusqu'à usure du papier sur les arêtes de celle-ci.

PARAFFINE. Substance blanche, solide, dont la densité = 0,870, fusible vers 44°, et dont les caractères physiques ont une certaine analogie avec ceux du blanc de baleine. On la retire des huiles pesantes, derniers produits de la distillation à sec du goudron obtenu en distillant du bois, des schistes bitumineux ou des pétroles. La paraffine a exactement la composition élémentaire de l'hydrogène bi-carboné; elle est susceptible de remplacer la cire et le blanc de baleine dans la fabrication des bougies.

On l'emploie, en effet, sur une assez grande échelle pour cet usage. A la température ordinaire la paraffine est assez dure pour constituer un produit de belle apparence, grâce à sa demi-transparence, mais le peu d'élévation de point de fusion force à lui ajouter 10 à 15 pour 100 de stéarine. Pour obtenir de la transparence il faut que le moule soit plus chaud que la matière à couler.

PARALLÉLOGRAMME ARTICULÉ. Le parallélogramme employé comme guide de mouvement rectiligne a été décrit à DIFFÉRENTIEL, où l'on peut voir comment ses propriétés résultent d'une combinaison d'effets assez complexe et qu'il fallait le génie de Watt pour bien comprendre, à une époque où la théorie n'existait pas, au point de vue géométrique, car au point de vue dynamique la propriété de remplacer des frottements de glissement, par ceux si minimes des articulations, était bien plus facile à apercevoir. Nous insisterons ici sur quelques progrès de la théorie géométrique du parallélogramme.

La fig. 1 représente le parallélogramme articulé sous la forme adoptée par Watt.

Le demi-balancier de la machine A B porte de petites bielles $e\,d = b\,f$ et une troisième barre $d\,f$ qui lui est parallèle et égale à $b\,e$. Une bride Cd s'articule à l'angle d du parallélogramme, et tourne autour d'un point fixe C, tel que l'horizontale menée par ce point divise en deux parties égales l'angle décrit par le balancier. Il s'agit de proportionner la longueur des tiges de telle

sorte que *f*, qu'on nomme quelquefois le point parallèle, se meuve sur la même verticale ou à très-peu près.

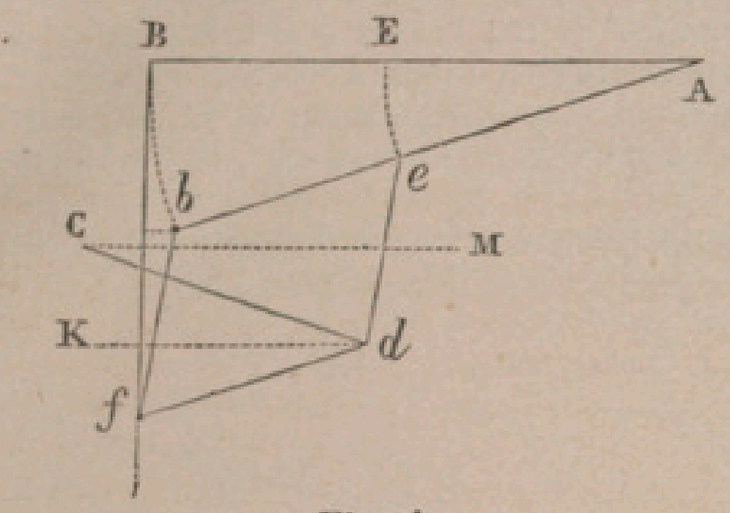


Fig. 1.

Soit donc $AE = Ae = R$, $be = fd = R_1$, $Cd = r$.

Menons Kd et CM parallèles à AB, on a $Kdf = BAb = \theta$ et posons $MCd = \varphi$.

Le point *d* est porté vers K, lorsqu'il se meut, d'une quantité égale à $Cd \times$ sin. vers. $\varphi = r$ sin. vers. φ, et le point *f* décrit simultanément ce chemin et un autre en sens opposé par le changement d'inclinaison de *df*, qui est égal à $df \times$ sin. vers. $fdK = R_1$ sin. vers. θ.

Si ces deux chemins sont égaux, le point *f* demeure sur la verticale *Bf*, ce qu'il s'agit d'obtenir.

Donc on posera:

$$r \text{ sin. vers. } \varphi = R_1 \text{ sin. vers. } \theta, \text{ ou } \frac{r}{R_1} = \frac{\text{sin.}^2 \frac{\theta}{2}}{\text{sin.}^2 \frac{\varphi}{2}}.$$

Mais les leviers *Ae*, *Cd*, réunis par la bielle *ed*, fournissent la relation très-approchée:

$$Ae \text{ sin. } \frac{\theta}{2} = Cd \text{ sin. } \frac{\varphi}{2}, \text{ ou } R \text{ sin. } \frac{\theta}{2} = r \text{ sin. } \frac{\varphi}{2},$$

à très-peu près, d'où:

$$\frac{r^2}{R^2} = \frac{r}{R_1} \quad \text{et} \quad r = \frac{R^2}{R_1}.$$

c'est-à-dire que *Ae* doit être moyenne proportionnelle entre *Cd* et *df* ou *be*.

Le père Carbonnel (Mémoires de l'Académie de Belgique) a déterminé d'une manière générale, par des recherches analytiques, les proportions des éléments du parallélogramme qui assurent la plus grande étendue possible au mouvement circulaire du balancier, et au mouvement rectiligne de la tige du piston (dans l'application faite à la machine à vapeur), en même temps qu'elles donnent à ce dernier mouvement toute la rectitude dont il est susceptible. Il est arrivé par une analyse approximative aux conclusions suivantes:

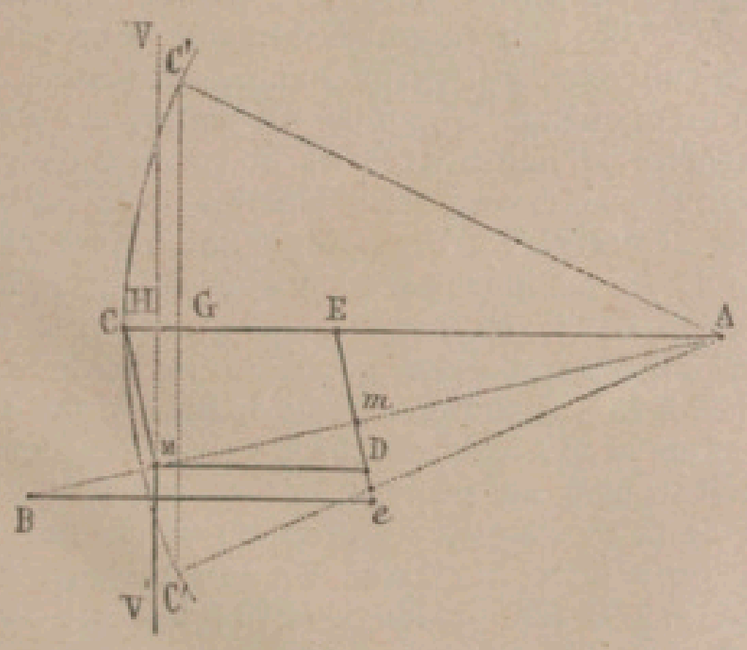


Fig. 2.

La direction V V' du mouvement rectiligne (fig. 2) coupant le rayon horizontal A C divisant en deux parties égales la course totale C'C' au milieu de la distance qui sépare le point C de la droite C' C'; le point E doit être situé au milieu du demi-balancier A C; le côté E*e* doit être pris aussi grand que la machine le comporte.

Ces résultats confirment pleinement les règles de Watt, qui prenait le point E au milieu du balancier, et E*e* compris entre $\frac{3}{7}$ et $\frac{1}{2}$ de C'C', et $AG = \frac{3}{2}$ C'C'.

Dans un travail inséré dans les Mémoires de l'Académie de Saint-Pétersbourg, un analyste russe fort distingué, M. Tchébychew, a critiqué le point de départ adopté depuis Watt, permettant une déviation maximum entre le milieu et chaque point extrême, et a montré qu'il ne conduisait pas à la meilleure solution possible.

Si l'on trouve, dit-il, qu'il y ait un avantage particulier à donner à la tige du piston la direction tout à fait exacte au commencement, au milieu et à la fin de la courbe, les proportions qu'on trouve d'après la méthode exposée ci-dessus sont évidemment les seules qui remplissent cette condition. Mais ce cas n'est pas le plus favorable pour la précision du jeu du parallélogramme dans les autres points de la course du piston. Quant à la position la plus avantageuse de la tige du piston par rapport au balancier, le principe précédent ne nous la donne pas. D'après la théorie que nous proposons, la tige du piston doit être plus ou moins rapprochée du centre du balancier, selon les dimensions du parallélogramme, et, dans les cas les plus ordinaires, sa direction ne passera pas par le milieu du sinus-verse de l'arc décrit par l'extrémité du balancier. Ainsi, dans le cas où le parallélogramme de Watt est construit sur la demi-longueur du bras du balancier (comme Watt l'a fait lui-même, et comme on doit le faire si l'on est maître de disposer des dimensions du parallélogramme), on diminue notablement la limite de la déviation de la tige de sa direction normale, en l'approchant du centre du balancier plus qu'on ne devrait le faire d'après le principe dont nous venons de parler, savoir: 1° si, dans le cas où l'on cherche à rendre la position de la tige tout à fait verticale au commencement, au milieu et à la fin de la course, on prenait pour sa direction la ligne qui divise le sinus-verse de l'arc décrit par l'extrémité du balancier dans le rapport de 2 à 1, et 2° si, dans le cas où l'on ne cherche pas l'exactitude absolue dans les deux positions extrêmes de la tige, on prenait pour sa direction la ligne qui divise ce sinus-verse dans le rapport de 5: 3.

Dans le dernier cas, la tige-guide ne sera plus déterminée par les positions limites du balancier; on doit pour cela prendre les positions qui les précèdent à peu près d'un quarantième de l'amplitude de l'oscillation. Quelque petites que soient les modifications dans la construction du parallélogramme de Watt que nous venons de mentionner, et qui ne sont que des résultats approximatifs tirés de nos formules, elles augmentent notablement la précision de son jeu. A l'aide de l'analyse on peut facilement s'assurer qu'avec ces modifications, la limite de déviation de la tige par rapport à la ligne verticale diminue de plus de moitié.

Cela prouve que le principe qui est la base de la théorie actuelle du parallélogramme est loin de réduire au *minimum* la limite de ses déviations.

C'est en poursuivant, dans une savante analyse, le *minimum* absolu des écarts, grâce à un maniement très-habile des ressources de l'analyse mathématique la plus élevée, que l'auteur est parvenu aux résultats ci-dessus.

Losange articulé de M. Peaucellier. Le commandant du génie Peaucellier, en appliquant une des plus élégantes méthodes de la géométrie moderne, celle de la transformation par rayons vecteurs réciproques, est arrivé à la

solution théoriquement complète du problème que Watt s'était proposé, à guider rigoureusement en ligne droite une tige maintenue par des articulations.

Soit O (fig. 3) un point fixe pris sur une circonférence,

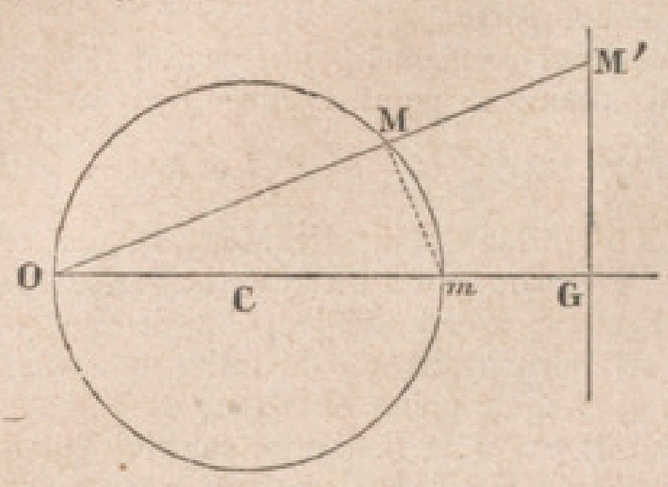


Fig. 3.

m l'autre extrémité du diamètre OC, M un point quelconque de la circonférence.

Soient G et M' deux points déterminés par les relations $OM \times OM' = \text{const.} = Om \times OG$.

Joignons Mm. La relation ci-dessus peut s'écrire

$$\frac{OM}{OG} = \frac{Om}{OM'}.$$

Les deux triangles O M m, O G M' sont donc semblables; et comme l'angle O Mm est droit, il en est de même de O G M'. Le lieu de M' est donc la perpendiculaire élevée en G sur le diamètre C C.

Cela posé, O et A étant deux points fixes liés au bâtis de la machine (fig. 4); OC, OB deux tiges rigides tournant librement et indépendamment l'une de l'autre autour de O; M B M' C est un losange articulé; M A une tige rigide tournant autour de A et articulée en M.

1° Les trois points O, M, M' restent toujours en ligne droite; car chacun d'eux est toujours à égale distance des deux points B et C, et placé sur la bisectrice de l'angle BOC;

2° Le produit $OM \times OM'$ est constant, car il est égal au carré de la tangente menée du point O au cercle décrit par le point B comme centre avec $BM = BM'$ comme rayon;

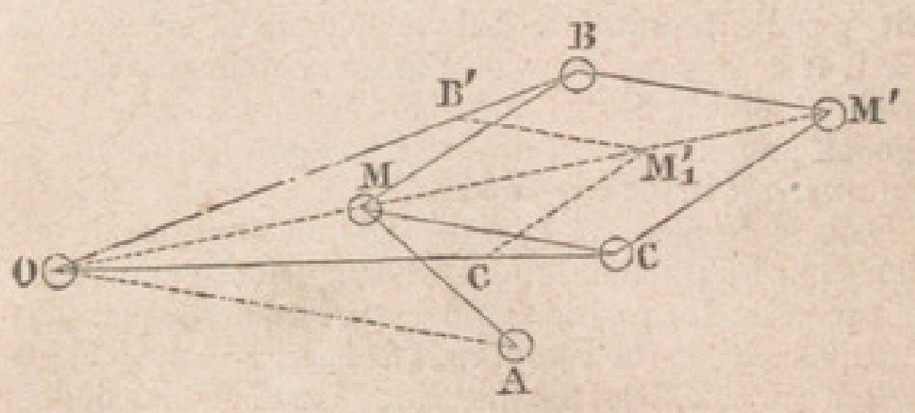


Fig. 4.

3° M A étant constant et A fixe, M décrit une circonférence sur laquelle est placé le point O si $OA = MA$, et alors, d'après le théorème précédent, M' se mouvra sur une droite perpendiculaire à O A. Pour une machine à vapeur O serait le centre du balancier et la tige du piston serait assemblée en M'.

Remarques. — I. Si l'on prend sur OB et sur OC $OB' = OC'$ et que l'on articule en B', C' et M'_1 deux tiges égales $B'M'_1$ et $C'M'_1$, telles que $\frac{OB'}{OB} = \frac{B'M'_1}{BM'}$, le lieu de M'_1 sera une courbe homothétique du lieu de M'; une droite si le lieu de M' est une droite, et par suite ce point pourra servir à guider une seconde tige en ligne droite.

II. La solution approchée de Watt se trouve aussi dans la fig. 4; en effet la courbe à longue inflexion de Watt est le lieu des points situés vers le milieu d'une droite de longueur constante qui se meut sur deux circonférences; or la droite MC et la droite MB s'appuient toutes deux sur les deux circonférences décrites de O et de A comme centres, avec OB et AM pour rayons: donc le milieu de ces droites décrit la courbe à longue inflexion. Il est curieux d'observer que le système de doubles côtés symétriquement placés du losange a pour effet d'annuler les déviations par des actions opposées.

La figure 5 représente une disposition proposée par

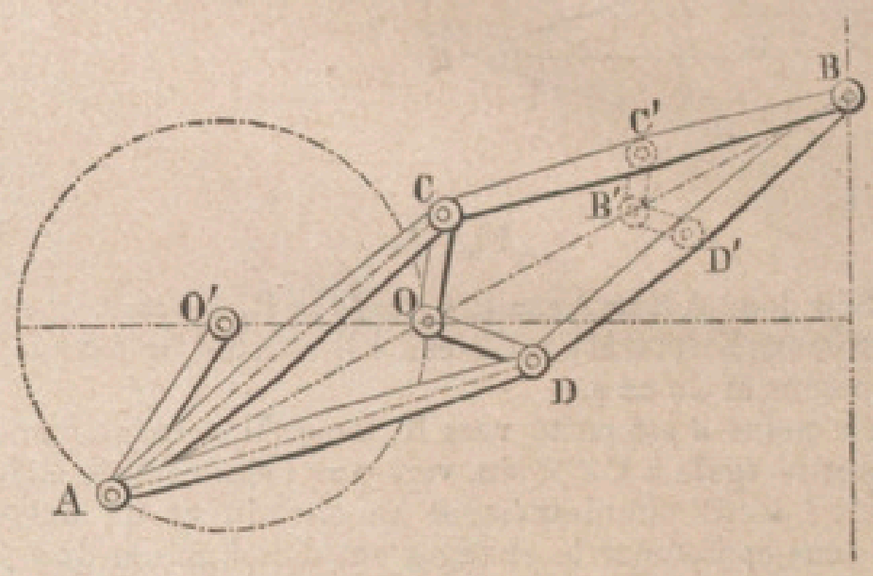


Fig. 5.

le même auteur plus applicable que la précédente et convenable pour de longues courses de piston. O est le centre de rotation fixe, O' un autre point fixe qui au moyen du rayon $O'A = OO'$ force l'extrémité A à rester sur un cercle passant par O. Le balancier est composé de six tiges articulées $AC = CB = BD = AD$ et aussi $OC = OD$. Un point B' réuni par des articulations parallèles à OC et OD décrira une droite parallèle à celle décrite par le point B.

PARATONNERRE (*angl.* thunder-conductor, *all.* blitzableiter). Tout le monde connaît les effets terribles de la foudre et leur similitude avec ceux que produit la décharge d'une puissante batterie électrique. Cette découverte, due à Franklin, le conduisit à la découverte des paratonnerres. Ceux-ci se composent d'une tige métallique pointue, qui s'élève dans l'air, et d'un conducteur qui descend de l'extrémité inférieure de la tige jusqu'au sol. Les conditions nécessaires pour qu'ils puissent produire leur effet sont: 1° que la pointe de la tige soit bien aiguë; 2° que le conducteur communique parfaitement avec le sol; 3° que depuis la pointe jusqu'à l'extrémité inférieure du conducteur, il n'y ait aucune solution de continuité; 4° que toutes les parties de l'appareil aient des sections convenables.

La tige d'un paratonnerre a environ $9^m,25$ de longueur; elle se compose habituellement de trois pièces ajustées bout à bout, savoir: une barre de fer de $8^m,60$, une baguette de laiton de $0^m,60$, et une aiguille de platine de $0^m,05$; leur ensemble forme un cône qui s'amincit régulièrement jusqu'au sommet, et dont la base a $0^m,05$ de diamètre. L'aiguille de platine est soudée à la baguette de laiton avec de la soudure d'argent, et on enveloppe encore cette jonction avec un petit manchon de cuivre. La baguette de laiton se réunit à la barre de fer au moyen d'un goujon qui entre à vis dans toutes deux; ce goujon est ensuite fixé dans chacune d'elles par deux goupilles à angle droit. Pour ajuster la tige au-dessus du bâtiment, on perce le toit, et on la fixe avec des brides ou des étriers solides, soit contre un poinçon, soit contre le faîtage. Au bas de la tige, à $0^m,08$ du toit, on soude une embase destinée à rejeter l'eau. Un peu au-dessous de l'embase, sur $0^m,05$ de longueur, la tige est cylindrique et parfaitement rodée pour recevoir un collier brisé à charnière, qui doit réunir la tige au conducteur. Ce dernier consiste, tantôt en une barre de fer carrée de $0^m,015$ à $0^m,020$ de côté, tantôt en un câble

en fil de fer qui descend jusqu'au sol. On soutient ce conducteur au moyen de pattes appliquées sur la couverture et le long du mur, de manière à soulager le point d'attache. Si l'on a à sa disposition un puits qui ne tarisse pas, ou si, avec une petite sonde, on peut atteindre une profondeur où l'eau soit permanente, il suffira d'y faire arriver le conducteur, en le divisant en plusieurs branches. Pour multiplier le contact, on mènera le conducteur au puits ou au trou par des tranchées creusées dans la terre, que l'on remplira ensuite avec de la braise de boulanger. On aura, de cette manière, le double avantage de préserver le fer de la rouille, et de le mettre déjà en contact avec cette braise, qui est un très-bon conducteur. On emploie avec succès du fer zingué, dit fer galvanisé, pour prévenir l'oxydation. Lorsque l'on n'aura pas d'eau, il faudra chercher au moins un lieu humide et y mener le conducteur par une longue tranchée, dans laquelle il sera bien enveloppé de braise. On pourra même alors, pour plus de sécurité, former des tranchées perpendiculaires à la première, et plus ou moins longues, dans lesquelles on fera passer des ramifications du conduit.

L'expérience a démontré qu'une tige de paratonnerre de 9 à 10 mètres de hauteur, établie suivant les règles ci-dessus, garantit des effets de la foudre tout ce qui est autour d'elle dans un cercle de 20 mètres de rayon, c'est-à-dire à peu près double de sa hauteur.

PARCHEMIN (*angl.* parchmend, *all.* pergament). Voyez TANNAGE.

PAREMENT, PAROU. Voyez TISSAGE.

PARFUMERIE. La parfumerie est l'art de préparer les pommades, les eaux odoriférantes, les pastilles du sérail, etc. Nous allons indiquer sommairement les méthodes que l'on suit en général, en les faisant suivre de recettes de préparation des produits les plus répandus, et d'abord des essences, base de toute fabrication en parfumerie.

ESSENCES POUR PARFUMERIE. Les nombreuses essences dont on fait usage en parfumerie, qui servent à aromatiser les bonbons ou qui sont employées en pharmacie, forment l'objet d'une industrie spéciale assez importante. La fabrication de ces produits est surtout assez active dans quelques localités du midi de l'Europe, principalement à Grasse (Var), et en Sicile, où le climat favorise la culture des plantes aromatiques et augmente leur richesse en principes volatils.

On emploie les essences sous plusieurs formes : tantôt pures, tantôt associées à divers véhicules, tels que l'alcool, l'eau, l'huile, l'axonge, etc. Généralement on les extrait des parties aromatiques des plantes, en soumettant celles-ci à la distillation avec de l'eau. Pour quelques essences, M. Méro a remplacé avec avantage l'eau bouillante par un courant de vapeur. Quoi qu'il en soit, la vapeur d'eau entraîne l'essence et se condense avec elle par le refroidissement. Les eaux ainsi condensées, et qu'on peut séparer facilement de l'essence, ordinairement moins dense, tiennent en dissolution une petite quantité de cette dernière. On les appelle *eaux distillées*, et quelques-unes d'entre elles sont l'objet d'une fabrication spéciale. Certains parfums sont tellement altérables, que le contact de l'eau bouillante suffirait pour les modifier ou même les détruire. On parvient à les extraire sans altération des fleurs qui en sont chargées en mettant celles-ci en contact avec un corps gras, comme l'huile ou l'axonge, qui les dissolvent et qui peuvent à leur tour les céder à un autre véhicule, tel que l'alcool. Les produits connus en parfumerie sous le nom d'*extraits alcooliques aux fleurs* sont obtenus de cette manière. Ajoutons que quelques essences sont préparées par expression. Ce procédé s'applique principalement aux huiles volatiles contenues dans le zeste des Hespéridées. Pour l'appliquer, on roule les oranges ou les citrons à froid dans une écuelle garnie de pointes, qui, en piquant l'écorce, en font sortir l'essence. Celle-ci se réunit dans un tube placé au fond de l'écuelle. L'essence ainsi obtenue est la plus estimée. Après cette opération, on râpe l'écorce des fruits, et cette râpure, distillée avec de l'eau, fournit une qualité d'essence beaucoup moins estimée que la première.

On obtient avec les fleurs les essences de jasmin, de rose, d'églantine, de camomille, de lavande (*lavandula vera*), d'aspic (*lavandula spica*), de néroli bigarade, de néroli Portugal.

On retire des fruits les essences de bigarate, de bergamote de Portugal, de citrons, de cédrat, de citronine.

On obtient avec les tiges, feuilles et bourgeons, les essences de petit grain (obtenue, avec les feuilles et brouts des orangers et citronniers), de myrte, de romarin, de laurier, de sabine, de verveine, de géranium, de menthe, de tanaisie, de marjolaine, de sauge, de fenouil, d'origan, d'absinthe, de céleri, de thym, etc.

Enfin, on retire des graines les essences d'anis, de coriandre, de persil, de carvi, de cumin, etc. (Voyez PARFUMS, *Complément*, le procédé de M. Millon.)

Rien n'est plus varié que la composition de ces essences naturelles. Quelques-unes ne renferment que du carbone et de l'hydrogène ; chez quelques autres, l'oxygène vient s'associer à ces éléments : beaucoup d'entre elles constituent des mélanges d'hydrogène carboné et des principes oxygénés.

Une des essences oxygénées les plus remarquables nous arrive, depuis quelques années, de New-Jersey, en Amérique : c'est l'essence de Wintergreen ou de Gaultheria, qu'on retire, par la distillation, d'une espèce de bruyère, la *Gaultheria procumbens*. Il résulte des belles recherches de M. Cahours, que cette essence est une sorte d'éther composé, qui a été envisagé comme le salicilate de méthyle. L'existence, dans le règne végétal, d'un composé analogue aux éthers, peut faire supposer que quelques-uns des parfums qu'exhalent les fleurs, ou, en général, les parties odorantes des végétaux, sont dus à des combinaisons du même genre. S'il en est ainsi, il est permis d'espérer qu'on parviendra à en former quelques-uns artificiellement. L'expérience semble même avoir confirmé cette prévision. Voyez l'article ESSENCES ARTIFICIELLES, *Complément*.

Pommades. La meilleure matière à prendre comme base des pommades est la moelle de bœuf. On pile la graisse brute dans un mortier, on la fond au bain-marie et on la passe à travers une toile. Le moyen le plus simple et le plus usité pour la parfumerie consiste à y verser, lorsqu'elle est encore fluide, et quelques instants avant sa solidification, une petite quantité d'essence odoriférante, et de mélanger le tout. Lorsque l'on est sur les lieux où se trouvent les fleurs, comme à Grasse, en Provence, on fait fondre le mélange des graisses, on y jette une certaine quantité de fleurs, on brasse le tout ensemble, et on laisse refroidir ; après vingt-quatre heures, on porte le mélange sous une forte presse, et on en exprime à chaud la graisse, que l'on traite, comme ci-dessus, à plusieurs reprises, avec de nouvelles fleurs, jusqu'à ce qu'elle ait acquis un parfum assez prononcé. On prépare de cette manière, en Provence, une grande partie des pommades à la rose, aux fleurs d'oranger, etc. On prépare de la même manière, avec de l'huile d'olive la plus pure, la plupart des huiles parfumées.

Les pommades et huiles au jasmin, à la tubéreuse, à la jonquille, à la violette, etc., ne peuvent se préparer comme il vient d'être dit, parce que la chaleur altérerait le principe odoriférant ou huile essentielle que renferment ces fleurs. On suit alors un autre procédé : pour les

pommades, on a des châssis carrés en bois dont le fond est fermé par une plaque de verre, que l'on recouvre d'une couche mince de graisse purifiée ; on remplit ensuite les châssis avec des fleurs, on les superpose et on es laisse ainsi plusieurs jours jusqu'à ce que la matière grasse ait absorbé toute l'huile essentielle des fleurs ; on enlève alors celles-ci et on les remplace par des fleurs fraîches. La préparation des pommades, par ce procédé, dure de deux à trois mois. Pour les huiles on agit de la même manière, à cette différence près que le fond des châssis est formé non d'une plaque de verre, mais d'une toile imbibée d'huile d'olive de première qualité, qui, une fois imprégnée de l'essence des fleurs, est séparée par pression des toiles.

EAUX DE SENTEUR. A Grasse, on prépare ordinairement ces eaux ou *esprits* en faisant digérer un mélange, en proportions variables, d'huiles grasses parfumées, avec un volume égal d'esprit-de-vin, en ayant soin d'agiter fréquemment pendant plusieurs jours, puis laissant reposer et décantant l'esprit qui surnage, et qui s'est emparé des huiles essentielles qui étaient en dissolution dans les huiles grasses. A Paris, on prépare habituellement ces eaux en dissolvant dans de l'esprit-de-vin, les huiles essentielles obtenues par la distillation des fleurs avec de l'eau. Néanmoins, comme certaines essences s'altéreraient par ce traitement, on est obligé dans quelques cas de recourir au procédé de Grasse. Comme exemple du procédé parisien, nous indiquerons la préparation de l'*eau de mille fleurs*, qui se fait en mélangeant :

Esprit-de-vin.	9	litres
Eau de fleurs d'oranger . . .	4	—
Baume du Pérou.	60	grammes
Essence de bergamotte. . . .	120	—
Essence de girofle.	60	—
Essence de néroli.	15	—
Essence de thym.	15	—
Essence de musc.	120	—

L'essence de musc se prépare en faisant digérer au soleil, pendant deux mois, 15 gram. de civette et 75 gram. de musc dans deux litres d'esprit-de-vin ambré.

Nous ajouterons encore quelques mots sur la plus connue de ces eaux, l'*eau de Cologne*. Jean-Marie Farina, l'inventeur de ce produit, le préparait comme il suit : on prend, esprit-de-vin rectifié, 300 kil. ; mélisse et menthe de Notre-Dame, de chaque, 350 gram. ; roses et violettes, de chaque, 120 gram. ; fleurs de lavande, 60 gram ; absinthe, 30 gram. ; sauge et thym, de chaque, 30 gram. ; acore, fleurs d'oranger, noix de muscade, mâcis, clous de girofle et cannelle, de chaque, 15 gram. ; camphre et racine d'angélique, de chaque, 8 gram. On fait digérer pendant vingt-quatre heures le tout dans l'esprit-de-vin, avec deux oranges et deux citrons coupés en tranches, on distille au bain-marie et on recueille les 200 premiers kilogrammes qui passent à la distillation. A ce produit on ajoute : essence de citron, de cédrat, de mélisse et de lavande, de chaque, 45 gram. ; essences de néroli et de romarin, de chaque, 15 gram. ; essence de jasmin, 30 gram. ; essence de bergamotte, 350 gram. ; on mélange bien, on filtre et on met l'eau dans des flacons. On prépare également l'eau de Cologne par simple mélange, sans distillation. mais les produits obtenus n'ont jamais une odeur aussi suave. Une recette plus simple que la précédente, et due à Cadet de Gassicourt, consiste à mélanger 2 litres 1/4 d'esprit-de-vin, ayant une densité de 0,8638, avec 8 gram. de graines de cardamome, et essences de néroli, de cédrat, d'orange, de citron, de bergamotte et de romarin, de chaque, 24 gouttes ; à distiller au bain-marie et à recueillir 1 litre 3/4.

On prépare de la même manière des vinaigres de senteur, par infusion ou distillation, en remplaçant l'esprit-de-vin par du vinaigre.

Pastilles du sérail. Se font avec un mélange de charbon finement pulvérisé, de nitre et de substances odorantes, en grande partie des gommes-résines, que l'on façonne en petits cônes ou trochisques, après y avoir ajouté un peu de mucilage de gomme arabique et adragante, que l'on laisse ensuite sécher. Lorsqu'on allume une de ces pastilles, elle brûle en fusant, en vertu du nitre et du charbon qu'elle renferme, et en répandant une odeur agréable.

A 24 grammes d'oliban en larmes ;
24 — de storax en larmes ;
16 — de nitre ;
et 124 — de charbon pulvérisé, on ajoute, pour des pastilles à la rose :
32 grammes de feuilles de rose sèches pulvérisées ;
2 — d'essence de rose.
Pour des pastilles à la fleur d'oranger :
24 grammes de galbanum ;
32 — d'écorce d'orange sèche pulvérisée ;
2 — d'essence de néroli.
Et pour des pastilles à la vanille :
24 grammes de galbanum ;
16 — de girofle ;
32 — de vanille ;
1 — d'essence de girofle ;
16 — d'essence de vanille.

On pulvérise très fin tous ces ingrédients, on les mêle avec un mucilage de 4 grammes de gomme arabique dans 2/3 de décilitre environ d'eau pure ou d'eau de rose, et on façonne la pâte en petits cônes, que l'on fait sécher.

On prépare d'une manière analogue des esprits odoriférants que l'on brûle, et dans lesquels on remplace presque toujours la vanille par du benjoin.

Nous indiquerons encore la composition d'une poudre très employée, soit pour les cassolettes, et alors on en jette une pincée dans une cassolette ou sur un poêle chaud, soit pour remplir des sachets odoriférants. On prend : cannelle, cassia et girofle, de chaque, 65 gram. ; iris de Florence et storax en larmes, de chaque, 97 gram., roses de Damas et fleurs de lavande, de chaque, 160 gram. ; essences de girofle, de cédrat, de lavande et de bergamotte, de chaque, 2 gram. ; essence de néroli, 1 gram. On hache tous les ingrédients solides et on les réduit en fragments de la grosseur d'un grain d'orge mondé, au plus, on en sépare la poussière au tamis de crin ; on les mélange ensemble et on arrose le tout avec les essences ci-dessus, que l'on a d'abord dissoutes dans le triple de leur poids d'esprit-de-vin.

Pâtes d'amandes. La pâte grise ou *bise*, en poudre, se prépare avec des noyaux d'abricots ou des amandes amères, que l'on broie et que l'on soumet ensuite à l'action d'une presse pour en extraire l'huile ; on fait sécher le résidu, on le broie et on le tamise. On agit de même pour les pâtes blanches, à cela près qu'on fait d'abord bouillir les amandes dans de l'eau afin d'en enlever la peau. On emploie pour ces pâtes tantôt des amandes douces, tantôt des amandes amères.

Les *crèmes* ou pâtes liquides d'amandes se préparent avec les pâtes sèches précédentes ; l'une des plus estimées se prépare en pétrissant ensemble : miel et pâte blanche d'amandes amères, de chaque, 250 gram. ; huile d'amandes amères, 500 gram. ; et quatre jaunes d'œufs.

PASTEL. On donne ce nom à une plante crucifère d'où l'on retire une petite quantité d'INDIGO (voyez ce mot). On désigne également sous le nom de pastel un genre de dessin qui se fait avec des crayons de pâte colorée, dont nous avons décrit la préparation à l'article CRAYONS.

PASTILLES. Nous dirons seulement ici quelques mots sur la fabrication des pastilles que préparent les confiseurs, et qui portent le nom de pastilles à la goutte. Prenons pour exemple les pastilles de menthe : on pren-

dra du sucre bien blanc, que l'on pulvérise fin et que l'on délaie avec de l'eau distillée de menthe poivrée, de manière à en former une pâte assez consistante, à laquelle on ajoute quelques gouttes d'essence de menthe. Cette opération se fait dans un petit poëlon à fond rond et à bec ; on chauffe ensuite la pâte sur un feu très doux, et, dès qu'elle a acquis assez de fluidité, on la coule goutte à goutte sur des feuilles de fer-blanc, en détachant avec une aiguille à tricoter chaque goutte, à mesure qu'elle se présente à l'extrémité du bec. Aussitôt qu'elles sont figées sur la feuille de fer-blanc, on les en détache par une légère secousse et on les met sur des tamis de crin pour les faire sécher à l'étuve. On prépare les pastilles à la goutte, dont une moitié est blanche et l'autre colorée, en se servant d'un poëlon partagé, dans le sens du bec, dans tout son diamètre et sa profondeur, par un diaphragme qui sépare les deux pâtes de manière à ce qu'elles ne s'accolent que pendant la coulée. On fait aussi des pastilles à la goutte qui sont transparentes ; on les nomme pastilles au bijou. Elles diffèrent des précédentes en ce que l'on chauffe assez pour liquéfier entièrement le sucre. On les coule de la même manière, mais comme elles se concrètent en tombant, elles prennent la forme sphérique.

PATES MOULÉES. On remplace actuellement, par économie, les ornements de sculpture qu'on faisait autrefois à grands frais, sur le champ des cadres, les panneaux des portes d'appartements, etc., par des pâtes moulées qu'on applique ensuite, en les fixant avec de la colle et même des pointes fines, à la place que l'on désire. Ces pâtes se font ordinairement en papier mâché, en râpures de bois ou en blanc d'Espagne.

Les pâtes moulées en papier mâché se font avec du papier réduit en pâte, ou de la pâte à papier ; cette pâte, privée de son excès d'eau par la pression, est étendue dans un moule en bois dur, ou mieux en plâtre broyé avec du lin, et comprimée d'abord à la main, puis avec un linge ; on laisse ensuite sécher lentement à l'air, et on couvre souvent avec une ou plusieurs couches de blanc d'Espagne délayé avec de la colle. Ces objets peuvent être dorés ou peints.

Les pâtes en sciure de bois se font en faisant fondre séparément 5 parties de colle de Flandre et 1 p. de colle de poisson, dans assez d'eau pour obtenir une colle très claire, que l'on passe à travers un linge, et on les mêle ; la liqueur doit former une gelée très faible par le refroidissement. On la chauffe de manière à ce que le doigt puisse à peine y rester plongé ; on y incorpore de la sciure de bois passée au tamis ; on étend une couche de quelques millimètres de cette pâte dans un moule de plâtre ou de soufre graissé d'huile de lin, et on coule par dessus une autre pâte faite avec les portions de sciure qui n'ont pu passer au tamis, que l'on comprime et que l'on charge ensuite d'une planche sur laquelle on met des poids. Cette pâte prend parfaitement la peinture et la dorure.

Les pâtes moulées en blanc d'Espagne se font en pétrissant un mélange de colle et de blanc d'Espagne, que l'on moule ensuite comme ci-dessus. On les emploie surtout pour ornements de cadres ; on les recouvre de plusieurs couches de blanc à la colle, on répare et on dore.

PAVAGE. PAVÉ. Le premier de ces mots désigne l'action de paver, ou l'ouvrage fait avec des pavés ; le second s'applique aux cailloux, aux morceaux de grès, et en général à tous les matériaux qui servent à paver.

Les Carthaginois, les premiers, pavèrent les rues de leur ville : *Primum autem pœni dicuntur lapidibus stravisse* (Isidori Hisp. épis. orig. lib. XV, cap. 16). Les rues de Rome ne furent pavées que 188 ans environ après l'expulsion des rois, sous le consulat d'Appius Claudius ; et la première route pavée construite par les Romains le fut sous le consulat d'Aurélius Cotta, c'est-à-dire 512 ans après la fondation de Rome. Paris ne commença à l'être que vers 1185, sous Philippe-Auguste. Suivant Dulaure (*Hist. de Paris*, 1er vol.), on ne pava sous ce roi que les rues formant ce que l'on appelait la *croisée de Paris*, c'est-à-dire deux rues se croisant au centre de cette capitale, et dont l'une allait du sud au nord, et l'autre de l'est à l'ouest. Ce pavé se composait de grosses dalles ou carreaux de grès d'environ $0^m,09$ de long sur $0^m,16$ d'épaisseur. En creusant la tranchée de l'égout de la rue Saint-Denis (10 février 1832), on a trouvé deux anciennes voies. L'une, qui, enfoncée à environ $0^m,19$ au-dessous du sol, était pavée avec de larges blocs de pierres et quelquefois de grès : c'est l'ancien pavé de Philippe-Auguste ; l'autre, plus enfoncée encore, est à environ $0^m,09$ de la première, était recouverte par un cailloutis. C'est l'ancienne voie romaine du temps des empereurs.

Les chaussées se divisent en deux grandes classes, suivant leur mode de construction, ce sont : 1° les *chaussées pavées* ; 2° les *chaussées en empierrement*. Les premières sont construites avec des matériaux de formes régulières et assez volumineuses pour avoir de la stabilité et être posés en biais ou bien à côté des autres. Les secondes, au contraire, sont construites avec des matériaux irréguliers et qui n'ont de cohésion entre eux que celle produite par leur enchevêtrement résultant d'une pression ou d'un choc. Nous ne nous occuperons ici que de ce qui a rapport à l'établissement des chaussées et des rues pavées, renvoyant à l'article ROUTE pour ce qui a rapport aux chaussées en empierrement.

Un bon pavage doit satisfaire aux conditions suivantes : 1° il doit être disposé de manière à s'opposer aux infiltrations des eaux qui pourraient venir affouiller le sol sur lequel on l'a placé ; 2° il doit être composé d'une matière dure susceptible de résister aux chocs et aux frottements auxquels il sera exposé par suite du passage des voitures ; 3° enfin, sa surface ne doit être ni trop unie ni trop raboteuse, et présenter seulement quelques aspérités destinées à servir de point d'appui aux pieds des chevaux.

Les matériaux que l'on emploie au pavage varient avec les localités où l'on se trouve. Toutes les pierres dures indistinctement peuvent être employées. Celles dont on fait le plus fréquemment usage sont : le *grès*, la *meulière*, le *granite*, le *basalte*, le *porphyre*, le *schiste*, la *pierre calcaire*, les *cailloux roulés*, etc., etc.

Les pavés, quelle que soit leur nature, se posent sur une couche de sable de $0^m,15$ à $0^m,17$ d'épaisseur. Ce sable par son incompressibilité et sa semi-fluidité a la propriété de répartir le poids que supporte un pavé sur une base plus grande que celle du pavé même.

Quand on construit une chaussée pavée on doit avoir grand soin de réunir les pavés de même dureté, sans cela les plus tendres s'usent rapidement et forment des trous dans lesquels tombent les roues des voitures ; ces chocs accélèrent la destruction des pavés tendres et par suite la dégradation des pavés voisins.

Dans les rues des villes, le pavage s'étend jusqu'aux maisons ; sur les routes, au contraire, les chaussées pavées n'en occupent que le milieu, et les accotements les bordent de chaque côté. Pour que les roues des voitures qui passent de la chaussée sur l'accotement, ou réciproquement, ne culbutent pas les pavés extrêmes ; on donne à ceux qui sont ainsi placés des dimensions plus fortes que celles des pavés ordinaires : ils portent le nom de *bordures* ou *boutisses*. Ces bordures servent en outre à découper les joints et à supprimer les *traversins* ou *demi-pavés*. A Paris, on leur donne une longueur égale à un pavé et demi et une épaisseur égale à celle des pavés. Elles ont donc $0^m,35$ de longueur sur $0^m,23$ d'épaisseur.

Des matériaux de diverses grosseurs ont été employés au pavage des chaussées. On n'est pas encore d'accord sur les dimensions les plus convenables à don

PAVAGE.

ner aux pierres que l'on veut employer. On sait seulement que les bons pavages doivent être établis avec des pierres de moyenne grosseur. Les petites sont difficiles à mettre en œuvre et n'ont pas toutes la même résistance ; celles de grandes dimensions présentent trop de surface pour leur épaisseur, elles peuvent donc se briser facilement. On a employé pendant longtemps et on emploie encore à Paris, presque exclusivement, les pavés cubiques de $0^m,23$ de côté, qui se posent les uns à côté des autres sur une couche de sable. L'expérience a cependant démontré qu'il est avantageux de mettre en œuvre des pavés à sections rectangulaires. C'est ainsi que sont pavées les rues Saint-Honoré, du faubourg Saint-Martin, etc., etc.

On fait des pavages 1° en *pavés bruts*, c'est-à-dire tels qu'ils sortent de la carrière ; 2° en *pavés semillés*, c'est-à-dire en pavés, qui, avant d'être posés ont été taillés de manière à abattre seulement les aspérités ; 3° en *pavés piqués*, c'est-à-dire en pavés qui ont été taillés et dressés à la pointe sèche avec arêtes vives,

Le pavage en pavés bruts permet de conserver aux pierres plus de matière. En outre, moins le grès est travaillé, et plus sa masse est compacte, parce qu'il n'y a pas eu désunion dans les molécules par le choc des outils employés à le tailler. Ce mode de pavage est donc avantageux sous le rapport de la solidité du pavé, mais les joints sont plus grands et la surface plus raboteuse ; il est presque exclusivement employé pour raison d'économie ; la main d'œuvre du semillage, et à plus forte raison celle du piquage, augmentant de plus de 300 fr. le prix de revient du mille de pavés. Cependant il convient de piquer les pavés tendres afin d'augmenter leur durée.

Le grès est sans aucun doute la pierre la plus convenable pour le pavage, à cause de sa dureté, de son homogénéité, et de la facilité avec laquelle on le débite aux dimensions convenables.

Le grès est un composé de débris de quarz réunis et agglutinés par un ciment siliceux ou calcaire. Rien n'est plus variable que sa qualité ; il y a des grès très tendres, dont les grains sont à peine liés ensemble et se séparent sous le moindre choc ; d'autres résistent davantage aux outils ; d'autres sont durs, sonores, ont une surface lisse et se cassent assez difficilement, mais net ; enfin il y a le grès *grisard*, qui est tellement dur, que les outils ne peuvent l'entamer. Les ouvriers qui préparent les pavés de grès, appellent grès *pif*, le grisard, c'est-à-dire celui qui est trop dur pour être employé ; le grès *paf*, celui dont la densité et la dureté le rendent propre à servir au pavage. Enfin, grès *pouf*, celui qui se réduit en sable sous le choc des outils.

Les pavés de grès proviennent de rochers plus ou moins volumineux, placés tantôt à fleur de terre, tantôt au-dessus du sol et quelquefois au-dessous. On abat d'abord la roche, soit à la poudre, soit au moyen de coins en fer, puis on subdivise les blocs obtenus par les mêmes moyens, pour en faire des bandes d'épaisseur et de largeur convenables à l'échantillon du pavé qu'on veut obtenir. Ces bandes sont ensuite elles-mêmes subdivisées en pavés de dimensions voulues avec un couperet à deux pannes pesant environ 30 kilogr. Les pavés sont ensuite équarris avec un couperet de même forme mais plus petit, du poids de 3 à 4 kilogr. Les *fendeurs*, ouvriers employés dans les carrières, à la refente et à l'équarrissage du pavé, ne font qu'un seul échantillon, dit *gros pavé* ou *pavé de ville*, ayant $0^m,23$ de côté en tous sens ; quelques-uns cependant n'ont souvent que $0^m,16$ à $0^m,18$ d'un côté, et $0^m,23$ sur l'autre ; ils débitent environ quatre cents pavés par jour. On fait aussi sur les carrières de grands pavés dits *bordures*, de $0^m,23$ d'épaisseur sur $0^m,25$ de longueur. Enfin, on y fait aussi du pavé *bâtard*, qui est plus petit que celui de dimensions ordinaires et qui provient des restes de blocs dans lesquels les fendeurs n'ont pu trouver un pavé de ville : il a de $0^m,16$ à $0^m,20$ de long sur $0^m,10$ à $0^m,14$ d'épaisseur. Les pavés de grès que l'on emploie à Paris, proviennent de Bellay, Moffliers, de divers coteaux de la vallée d'Yvette, de la vallée de l'Ourcq, de celle de la Marne, de Ballancourt, des environs de Fontainebleau, etc. On distingue les pavés durs des pavés tendres 1° en ce que ces derniers sont moins lourds ; 2° en ce qu'ils absorbent une quantité d'eau plus grande lorsqu'on les immerge dans l'eau ; 3° en ce que lorsqu'on frappe dessus avec un marteau le son est d'autant plus sourd que le pavé est plus tendre ou présente plus de fissures.

On distingue les pavés en *roche dure*, c'est-à-dire celui qui sert entier, sans être refendu, au pavage des rues, des routes, etc., et en *roche franche*, c'est-à-dire celui qui, après avoir été refendu, sert au pavage des cours, des allées, des écuries, etc., etc. Pour obtenir le pavé en roche franche, on divise le pavé de gros échantillon en deux ou trois sur la hauteur. Le *pavé de trois* est celui qu'on emploie le plus fréquemment : il a de $0^m,07$ à $0^m,08$ de hauteur ; celui *de deux* a $0^m,10$ à $0^m,11$. Les pavés de deux ou de trois se placent toujours sur une couche de mortier. Pour établir une chaussée pavée, on creuse l'encaissement qui doit recevoir et le pavé et la couche de sable sur laquelle il reposera, c'est ce que l'on appelle la *forme ;* elle a $0^m,40$ de profondeur. Le fond de l'encaissement est ensuite dressé suivant les pentes et profils adoptés. Dans l'encaissement ainsi préparé, on répand du sable de manière à en former une couche de $0^m,10$. Cette couche est successivement damée et arrosée à grande eau jusqu'à ce que son épaisseur soit réduite à $0^m,07$. Sur cette première couche, on en étend une seconde de $0^m,10$, qui est travaillée de la même manière que la première, jusqu'à ce que son épaisseur soit aussi réduite à $0^m,07$. Enfin sur cette seconde couche, on en met une troisième de $0^m,03$ à $0^m,06$, suivant l'échantillon du pavé, qui ne sera ni damée ni arrosée. C'est sur cette troisième couche qu'on pose les pavés. On ne peut apporter trop de soins à la confection de la forme et à la consolidation du sol sur lequel elle est établie, car c'est d'elle que dépend la durée d'un pavage. Un pavé très dur durera moins sur une forme mal établie qu'un pavé plus tendre placé sur une forme bien solide.

Dans les rues très fréquentées, on remplace quelquefois la forme en sable par un sous-pavage en pavés de rebut. Par dessus ce sous-pavage, on pose une couche de sable de $0^m,03$ sur laquelle sont placés les pavés de la chaussée.

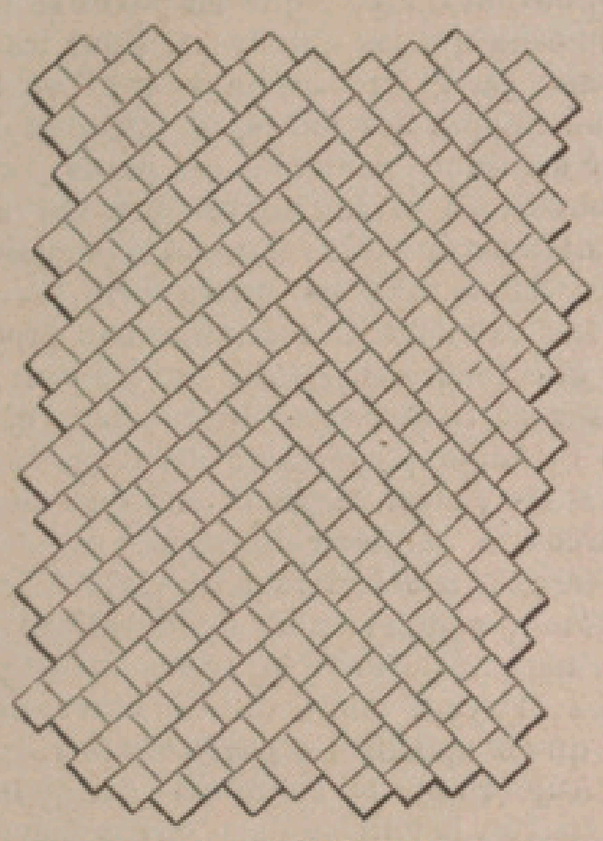
Le sable que l'on place entre le sol de la forme et la couche de pavés a pour but, comme nous l'avons déjà dit, de répartir plus uniformément la pression, en outre sa *semi-fluidité* lui permet de remplir les espaces vides qui se trouvent toujours entre les joints des pavés. On se sert indistinctement de sable de plaine ou de sable de rivière ; il doit être pur, graveleux, d'un grain sec, exempt de terre et d'argile. On en emploie deux qualités ; l'une sert à faire la *forme*, c'est le *gros sable* ; l'autre sert à garnir les joints et à recouvrir l'ouvrage, c'est le *sable fin*. Le gros sable se passe à la claie de $0^m,01$ d'écartement, le sable fin est passé à la claie de $0^m,005$ d'écartement.

A Paris, on a essayé un moyen mixte consistant à recouvrir le sol par un *treillis* en bois semblable à celui qu'emploient les jardiniers pour clôture. Sur ce treillis, dont le but est de répartir plus uniformément la pression, on pose une couche de sable de $0^m,07$ à $0^m,0$ d'épaisseur. Cet essai, oublié aujourd'hui, est curieux à noter.

Les pavés sont posés sur la couche de sable par rangées perpendiculaires à la direction de la route et s'étendent d'une bordure à l'autre. On a soin de croiser

PAVAGE.

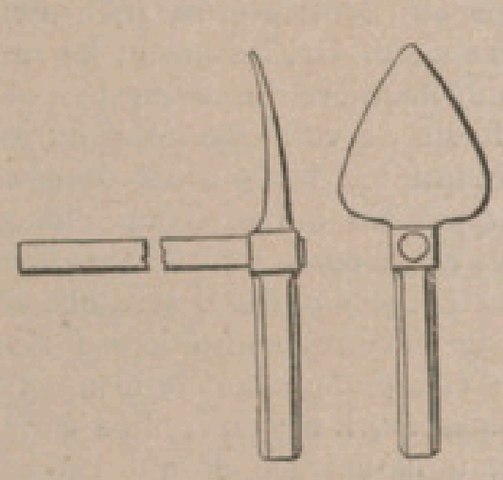
les joints, de manière à ce que ceux d'un rang correspondent toujours au milieu des pavés de deux rangs contigus. L'expérience a montré qu'il serait plus convenable de placer les pavés par rangées obliques par rapport à l'axe de la route; de cette manière, les joints sont toujours obliques par rapport à la direction des roues. C'est ainsi que sont pavées les rues des principales villes d'Autriche. Ce pavage représenté dans la fig. 1977 est beaucoup plus résistant que celui employé en France, l'action des roues ayant lieu suivant la diagonale des pavés, qui sont en outre solidaires les uns des autres par suite de la direction oblique des joints.



1977.

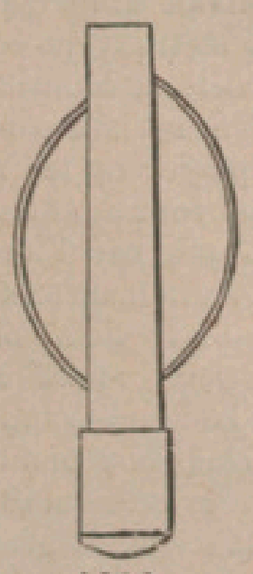
Pour un mètre carré de pavés cubiques de $0^m,23$ de côté, on emploie $0^{m.c.},23$ de gros sable pour la forme, et $0^{m\ c.},045$ de sable fin, dont 0,02 pour les joints, 0,01 pour la couverture, et 0,005 pour les pertes.

La pose des pavés se fait à l'aide d'un marteau (fig. 1978 et 1979) pesant 17 kilog., qui présente d'un bout la forme d'une *houe allongée* et de l'autre une *tête*. Au moyen de la houe, l'ouvrier prépare la place du pavé; la tête lui sert pour l'assurer quand il est posé.



1978. 1979.

Les joints sont garnis à la main. On prescrit ordinairement de ne donner que $0^m,005$ à $0^m,010$ aux joints; mais les faces des pavés étant toujours inégales, il est impossible de se maintenir dans ces limites à moins de tailler les faces des pavés. Pour éviter cette main-d'œuvre, on tolère des joints de $0^m,015$.

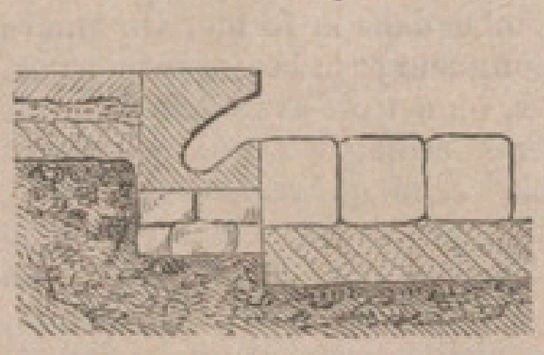


1980.

Pour donner de la stabilité à un pavage neuf avant le passage des voitures, on l'affermit et on le dresse en frappant successivement sur chaque pavé avec une *demoiselle* ou *hie* (fig. 1980), du poids de 35 à 40 kilog. C'est après cette opération qu'on couvre le pavage d'une couche de sable fin de $0^m,02$ à $0^m,01$ d'épaisseur.

A l'article ROUTE, on verra que les chaussées se divisent en *chaussées creuses* et en *chaussées à revers*. Dans les premières, le ruisseau qui sert à l'écoulement des eaux est au milieu de la chaussée; dans les secondes, au contraire, il y a deux ruisseaux qui sont placés sur les côtés de la chaussée. Dans l'un et l'autre cas, c'est toujours le ruisseau qui fatigue le plus, parce que les roues des voitures y retombent continuellement. Ces ruisseaux se construisent de diverses manières; quelquefois les pavés qui les forment sont placés alternativement de manière à avoir 1/3 de leur largeur d'un côté de l'axe du ruisseau, et les 2/3 de l'autre côté. Cette disposition a l'inconvénient de retenir les eaux ménagères qui, devenant stagnantes, se corrompent et rendent les ruisseaux infects. On avait voulu éviter cet inconvénient en plaçant une ligne continue de joints dans l'axe du ruisseau; cette disposition est encore plus mauvaise que la précédente, par la raison que les roues de voitures suivent toujours la même trace, et le ruisseau se trouve bientôt creusé de plusieurs centimètres en profondeur. On en voit un exemple dans la rue de la Harpe, etc., où les ruisseaux sont établis de cette manière. Une disposition préférable aux deux précédentes consiste à employer des pavés taillés ayant une longueur égale à un pavé et demi; de cette manière le ruisseau est plus large, sa forme courbe fait que les roues ne passent pas toujours à la même place, de plus il n'y a pas de joints dans l'axe du ruisseau. Enfin, dans ces derniers temps, on a remplacé les ruisseaux qui se trouvaient de chaque côté des rues par des rigoles pratiquées dans les bordures en granite qui forment les trottoirs. Cette disposition est indiquée fig. 1981.

Les joints des pavés qui forment les ruisseaux des chaussées doivent être garnis avec du mortier hydraulique, car le sable serait entraîné trop rapidement. Mais pour que cette condition soit réellement utile, il faudrait que la garniture de mortier fût bien complète; et comme cela n'a jamais lieu, il en résulte que très souvent la garniture se fait avec du sable. Souvent aussi il arrive qu'au-dessous des ruisseaux on établit un sous-pavage avec des pavés de rebut, dont les joints sont garnis avec du mortier hydraulique, par ce moyen on consolide le sol et on conserve le ruisseau dans un meilleur état. Ce sous-pavage est recouvert d'une couche de sable de $0^m,03$ sur laquelle on pose les pavés du ruisseau.



1981.

Les causes qui tendent à détériorer les chaussées pavées se réduisent aux suivantes: 1° les chocs et les frottements occasionnés par le passage des voitures; 2° l'eau et la boue qui les recouvrent souvent; 3° enfin les tassements du sol sur lequel le pavage est établi.

Les voitures en passant sur les pavés les usent peu à peu à leur surface et font qu'au bout de quelque temps ils sont trop petits et ne peuvent plus servir. Lorsque les pavés sont usés, leur surface est toujours convexe, parce que dans un pavé la résistance au bord est moindre qu'au centre, en outre les arêtes qui forment les joints parallèles à l'axe de la route sont continuellement soumises à l'action des roues de voitures qui suivent toujours cette direction. Une condition essentielle à remplir pour faire durer longtemps un pavage, est de choisir les pavés les plus durs, et surtout ne prendre, autant que faire se peut, que ceux d'une égale dureté.

L'eau qui se trouve à la surface des chaussées traverse souvent la couche de pavés et vient affouiller le sable ou le sol sur lequel elle est placée. La boue est un agent de destruction, elle renferme toujours de petites particules de grès qui usent rapidement le pavé lorsqu'elle se trouve interposée entre la jante de la roue et la surface du pavé. On remédie à ces inconvénients en n'y laissant séjourner ni l'eau ni la boue. Pour s'opposer aux infiltrations des eaux, on a essayé de remplir

PAVAGE.

les joints des pavés avec du bitume ; ces essais n'ont pas réussi.

Enfin, si en établissant le pavage, on n'a pas eu soin de comprimer bien également le sol de la forme et la forme de sable, le passage des voitures enfonce les pavés qui se trouvent aux endroits les moins tassés, ce qui produit les *flaches* qui rendent l'opération du repiquage nécessaire.

Les travaux d'entretien des chaussées pavées consistent en *relevés à bout* et en entretiens simples ou *repiquages*.

On entend par relevés à bout un travail qui consiste à démonter une portion de la forme, à piocher cette forme pour lui rendre la semi-fluidité et à apporter du sable pour rétablir le profil de la route.

Pour que ce travail soit bien fait, il faut prendre les précautions suivantes : 1° mettre au rebut les pavés cassés, déformés et de dimensions trop faibles. A Paris, un pavé qui a moins de $0^m,16$ de queue est mis au rebut; 2° à employer un ou deux rangs de pavés neufs pour reconnaître là où a commencé le relevé à bout, puis les anciens pavés que l'on dispose, autant que possible, de manière à réunir ceux de même dimension et d'égale dureté, et à terminer le travail par tous les pavés neufs. Ce qui revient à dire que l'on fait des *baies* entières avec des pavés neufs, et d'autres baies avec les anciens pavés qui ont été *épincés*, c'est-à-dire dont on a abattu les *bosses*, parce que souvent on change la face de tête des pavés.

Pour faire un relevé à bout, on commence par enlever la terre et la boue qui se trouvent sur la partie de pavage que l'on veut relever à bout, de manière à ce qu'elles ne puissent retomber dans la forme. On enlève ensuite les pavés sur la longueur et la largeur prescrites. Les pavés étant arrachés, on nettoie avec soin la forme en enlevant les matières étrangères qui pourraient altérer la qualité du sable ; celui qui reste est enlevé et mis de côté pour être employé ensuite. Cette opération terminée, on creuse l'encaissement de manière à en porter la profondeur à $0^m,40$. Dans cet encaissement, on répand le sable de la vieille forme et on en ajoute, s'il est nécessaire, pour former une couche de $0^m,10$. Cette couche est damée et arrosée de manière à ce que son épaisseur soit réduite à $0^m,07$. Par dessus cette première couche, on en met une seconde de $0^m,10$, qu'on traite de la même manière jusqu'a ce que son épaisseur soit de $0^m,07$. Enfin, par dessus ces deux couches, on en met une troisième qui n'est ni damée ni arrosée, et sur laquelle se poseront les pavés. La forme étant préparée, on pose les pavés, comme nous l'avons dit précédemment. Lorsque le relevé à bout est terminé, les joints sont soigneusement bourrés de sable à l'aide d'une *fiche dentelée*.

L'entretien simple consiste à remplacer les pavés cassés et à relever les *flaches*, c'est-à-dire les parties de pavés qui sont enfoncées ou usées, c'est ce que l'on appelle le *repiquage*. A Paris, le repiquage se fait par des entrepreneurs ; on compte le nombre de pavés arrachés, puis, avec un tableau fait d'avance, on en conclut la surface. On emploie quelques pavés neufs et environ $0^{m.c.},08$ de sable par mètre carré.

L'exécution du repiquage demande encore plus de soins que les relevés à bout pour le piochage de la forme et le choix des pavés. Dans un repiquage, ce qu'il importe surtout, c'est de ne pas affouiller le sol, c'est-à-dire qu'il faut se contenter d'enlever les parties dures de la forme, ainsi que les aspérités du sol, de bien décrotter les pavés qui forment le périmètre de la baie, en ayant soin de ne rien laisser tomber de cette crotte dans la forme. Ceci fait, il faut surtout que les pavés vieux ou neufs que l'on emploie aient la *même hauteur*, l'échantillonnage est d'une moindre importance.

A Paris, les rues fréquentées sont relevées à peu près de six en six ans. Quelques-unes, construites en mauvais pavés, le sont de trois en trois ans. D'autres, peu passagères, ne le sont que tous les vingt ans. Les routes des environs de Paris sont relevées à bout à des intervalles qui varient de huit à quinze ans.

Souvent il arrive que des pavés se trouvent plus bas que ceux qui les entourent. Pour les relever, on commence par gratter les joints sur 3 ou 4 centim. de profondeur ; par ces joints, on introduit du sable en quantité suffisante pour que ces pavés, battus à la hie, se trouvent au niveau convenable. On remplit ensuite les joints avec du sable refoulé. On emploie, pour ce travail, $0^{m.c.},05$ de sable par mètre carré.

Les carrières de Fontainebleau produisent beaucoup de grès tendre et *friable*, qui ne peut servir au pavage des rues fréquentées. Jusque dans ces derniers temps on l'avait employé pour le pavage des cours, des écuries, etc., etc., des lieux enfin qui ne doivent pas être parcourus par des voitures pesantes.

Ce grès friable lorsqu'on vient à l'immerger dans du bitume, acquiert plus de dureté et de cohésion qui permettent de l'employer au lieu et place des pavés, durs (Payen, cours du Conservatoire, 1843). C'est ce qu'on appelle les *pavés bitumés*.

Aujourd'hui on consomme des quantités énormes de ces pavés, la ville de Paris en commande 1.000.000 par an. Nous croyons que l'on a mis trop d'empressement à approuver cette invention et à appliquer de suite sur de grandes surfaces ces pavés bitumés. Parmi les grès tendres il y en a de diverses qualités, ainsi les uns sont encore assez durs pour pouvoir résister plus longtemps, d'autres au contraire se réduisent en poussière au moindre choc. Or, les uns et les autres immergés dans le bitume acquièrent une dureté à peu près égale, mais il est facile de voir que cette dureté ne sera qu'apparente et que les pavés ainsi obtenus ne pourront durer longtemps. En outre, si une chaussée faite en pavés bitumés est exposée au soleil, le bitume se ramollira, et s'il survient une pluie, il sera chassé et remplacé par de l'eau ; le pavé reviendra donc à l'état où il se trouvait avant d'être plongé dans le bitume, non pas dans toute son épaisseur, il est vrai, mais seulement dans la partie qui est à la surface et qui est la plus exposée aux chocs et aux frottements. C'est ce que l'expérience a confirmé plusieurs fois ; cependant avec du bitume d'excellente qualité et du grès de moyenne dureté on pourrait obtenir des résultats plus satisfaisants.

Dans les localités où le grès manque, on emploie le calcaire, dont on forme des dés analogues à ceux des grès. Les chaussées pavées en calcaire s'établissent de la même manière que celles pavées en grès.

M. Brard, dans *sa Minéralogie pratique*, dit qu'on pourrait employer au pavage les roches volcaniques qui se trouvent en abondance dans l'Auvergne. Il cite la ville de Montils dont les rues sont pavées avec des prismes à six pans de roche basaltique. Les Romains employèrent les roches volcaniques dans le pavage de leurs routes, et aujourd'hui elles sont encore employées à Naples et à Florence.

A Châteauroux, les rues sont pavées avec de la meulière. On l'emploie également à Paris pour le pavage des ports, afin d'exposer une surface plus résistante aux pieds des chevaux et faciliter le débardage des bois.

Dans bon nombre de villes de province les rues sont pavées avec des *cailloux roulés*, tantôt ils se placent verticalement, le gros bout en bas, tantôt au contraire ils se placent le petit bout en bas ; dans ce second cas, ils sont généralement inclinés. La quantité de sable qu'on emploie pour 1 mètre de pavage en cailloux roulés, est plus considérable que pour un pavage en dés cubiques.

Dans les localités où la pierre manque on emploie des briques pour le pavage des rues, pourvu toutefois

qu'elles présentent une résistance suffisante au frottement et à l'humidité. En Hollande, par exemple, toutes les rues sont pavées avec des briques. Quelquefois elles se posent en *épis*, ou en ce qu'on nomme *point de Hongrie*. C'est ainsi que sont pavées les rues de Venise, et qu'était pavé l'ancien *Tibur* à Rome.

Polonceau avait proposé des pavés en terre cuite, qu'il nommait pavés céramiques, auxquel il donnait la forme de prismes à six pans Un ingénieur anglais. M. Prosser, a aussi proposé l'emploi de pavés en terre cuite. Mais aucun de ces coûteux systèmes n'a été essayé.

Les Anglais ont essayé d'employer la fonte pour le pavage des rues. Ils faisaient des pièces carrées en fonte, s'assemblant entre elles à queue d'hironde et dont la surface était rendue assez raboteuse pour que les chevaux ne pussent glisser, ce qui a toujours lieu à cause de l'usure, après quelque temps de service. Aussi ces essais n'ont pas réussi.

Ce sont aussi les Anglais qui, les premiers, ont essayé d'employer le *caoutchouc* au pavage des écuries, des allées, des jardins, etc., etc. Ils ont reconnu que ce pavage était excellent pour les écuries; il assure la santé des chevaux, empêche les exhalaisons d'ammoniaque qui s'élèvent de l'urine corrompue, et évite que les animaux se blessent ou se couronnent en s'agenouillant sur la pierre. Les écuries des commissaires du *Dock-yard* à Woolwich sont pavées en caoutchouc. Elles sont dans un état de propreté auquel on ne peut comparer celui d'aucune autre écurie. Les commissaires des bois et forêts ont fait paver de cette manière la cour d'entrée du château de Windsor destinée aux voitures.

Nous parlerons maintenant du pavage en *bois*. Le pavage au moyen de blocs de bois est connu depuis fort longtemps, mais c'est assez récemment qu'il a été employé au pavage des rues. Autrefois on l'employait à l'intérieur des maisons, surtout dans les cours, les écuries, les allées, etc. Les Russes, les premiers, l'employèrent dès 1834 au pavage de quelques rues de Saint-Pétersbourg. Ce pavage se composait de blocs en bois, à six pans, ayant $0^m,30$ de long sur $0^m,15$ à $0^m,20$ de large. Après les Russes, vinrent les Anglais, qui, pour éviter le bruit causé par le passage des voitures sur les pavés, cherchèrent à substituer aux chaussées ordinaires, des chaussées produisant moins de bruit. Après avoir employé exclusivement les chaussées établies d'après le système de Mac-Adam, c'est-à-dire des chaussées en empierrement; ils ont essayé comme préférable le *pavage en bois*, et renouvelé avec beaucoup de ténacité des essais longtemps infructueux.

Le pavage en bois comparé aux autres systèmes de pavage, paraît préférable sous plusieurs rapports. Il ne produit aucun bruit par le passage des voitures. La boue et la poussière n'y séjournent pas, il diminue considérablement le tirage; mais s'il offre ces avantages, ce mode de pavage, a paru, dans de nombreuses applications, avoir le défaut capital de ne pas durer. Des enfoncements nombreux se produisaient rapidement et bientôt la voie était hors de service et le bois détruit. Il est en effet assez difficile de trouver des bois satisfaisant aux deux conditions suivantes, si importantes pour obtenir un bon pavage, *dureté* et *homogénéité;* de plus, les changements brusques de température détériorent promptement les bois les meilleurs. En employant des bois imprégnés de *substances conservatrices*, on pourrait obtenir de meilleurs résultats. (Voy. l'article CONSERVATION DES BOIS.) Ajoutons que le sapin est le seul bois qui ait été essayé et qui paraît applicable économiquement.

Il nous est impossible de passer en revue tous les systèmes qui ont été proposés jusqu'à ce jour. Nous renverrons pour de plus amples détails au *Bulletin de la Société d'encouragement*, année 1844, nos de janvier et février où se trouve une notice très détaillée sur le pavage en bois.

Nous nous contenterons ici de dire quelques mots d'un des modes de pavage qui ont le mieux réussi parmi ceux essayés dans les nombreuses expériences tentées à Paris vers 1845.

Le sol sur lequel était établi le pavage en bois, avait été tassé bien également dans toutes ses parties, car s'il en était autrement il se formerait des enfoncements qui, rendant la circulation plus difficile, occasionneraient la prompte détérioration du bois.

Le sol était formé par une couche épaisse composée de chaux, de ciment et sable. Les blocs, de sapin *a* (fig. 1989), avaient reçu la forme rhomboïdale, et étaient réunis par des chevilles de bois passant dans des trous *c*. Ils étaient $0^m,18$ de haut. Des rainures croisées étaient pratiquées à la surface pour empêcher les chevaux de glisser : avant de les poser sur la couche on les réunissait par panneaux au moyen de chevilles. Ce pavage revenait environ à 16 francs le mètre carré. La fig. 1990 représente une portion de route pavée d'après ce système.

Hawkins, ingénieur anglais, qui s'est beaucoup occupé de cette question, à cette époque, indiquait qu'il fallait prendre les précautions suivantes pour obtenir de bons résultats :

1° Le bois doit être pris dans le cœur de l'arbre. Le mélèze et d'autres arbres résineux, fournissent à bon marché de bons matériaux. Les blocs doivent être faits avec du bois sec, et employés aussitôt préparés afin qu'ils ne changent pas de forme;

2° Les blocs sont coupés sur un modèle uniforme de manière à s'ajuster exactement les uns aux autres : leur hauteur doit être égale à une fois et demie leur largeur. La forme la plus convenable à donner à ces blocs paraît être celle d'un prisme à six pans, de cette manière chaque bloc est soutenu par les six qui l'entourent ;

3° Les blocs doivent être placés sur un lit solide de cailloux, graviers et autres matériaux durables bien damés et aplatis ;

4° Au moment de placer les blocs il faut étendre sur l'axe de la route ainsi préparée une couche de gravier fin pour faciliter l'ajustement des blocs ;

5° Les blocs doivent être disposés de manière à présenter une surface supérieure plane, avant d'être damés, afin que la formation finale du niveau ne dépende pas tant de l'effort de la dame que de l'horizontalité du pavé lui-même.

Ces principes étaient évidemment insuffisants puisqu'ils n'ont pu mener à des résultats acceptables en pratique. Le bois n'ayant pas de masse, comme le pavé de grés, est enfoncé dans le sable par le choc des voitures et une voie de luxe devient de suite cahoteuse; des chevilles, indiquées dans l'essai décrit ci-dessus sont insuffisantes pour remédier à ce défaut et il en est de même de l'obliquité sur laquelle on avait fondé beaucoup d'espérances et qui rend les réparations presque impossibles.

Le remède à ces inconvénients capitaux a été trouvé, en remarquant que les pavés de bois, taillés à la scie, étant absolument réguliers, on n'avait nul besoin de les enfoncer plus ou moins dans le sable, comme il faut le faire pour les pavés de grès irréguliers et qu'on pouvait employer un sol régulier et résistant. C'est le système anglais de *la Improved Wood pavement Company de Londres*. — C'est le système de l'avenue des Champs-Élysées. La fondation consiste en une couche de $0^m,15$ de béton de ciment de Portland. Les pavés en bois créosoté de sapin rouge du nord ont la forme de parallélépipèdes rectan-

gulaires. Les joints sont remplis, à la base, par de l'asphalte coulé; à la partie supérieure, avec du ciment de Portland et du sable graveleux. On répand sur la surface une couche de bon gravier que la circulation des voitures incruste dans la tête des pavés.

des pavages en bois semble à peine fixé, et cette importante question exerce encore l'esprit des inventeurs. Pour le moment la tendance est d'établir une couche de fondation bien résistante et bien étanche, pour empêcher l'eau de s'infuser; d'avoir des

NATURE DU PAVAGE.	FOURNITURE.								MAIN-D'ŒUVRE.				PRIX TOTAL du mètre carré.
	Nombre de pavés.	Prix du 1000	Mortier hydraul.	Prix du mètre.	Gros sable	Prix du mètre.	Sable fin.	Prix du 1000.	Fouille, préparat. de forme, etc.	Transport des déblais.	Approche d. sabl., pose d. pav., etc.	Entretien.	
1 mètre carré de pavage neuf en pavés neufs de 0m25 de côté, sur forme de sable, avec joints garnis en sable.	16,65	325	»	»	0,23	4 33	0,045	4 88	0 42	0 33	0 45	0 03	11 18
Même pavage, sur forme de sable, avec joints garnis en mortier hydraulique.	16,65	325	0,25	22 42	0,23	4 33	0,01	4 88	0 42	0 33	0 39	0 02	16 56
1 mèt. car. de pavage neuf en pavés de *rebut*, forme de sable, joints garnis en sable.	25,00	mém	»	»	0,15	4 33	0,045	4 88	0 31	0 27	0 47	0 06	1 89
1 mètre carr. de pavage en pavés refendus.	»	»	0,04	22 42	0,10	4 33	0,01	4 88	0 19	0 21	0 39	0 10	2 27
1 mèt. carr. de blocage en pavés de rebut, avec joints garnis en mortier hydraulique pour fondat. de ruisseaux ou chaussées.	25,00	mém	0,03	22 42	»	»	»	»	»	»	9 34	»	1 01
1 mèt. car. de pavage en pavés neufs de 0m,25, sur fondat. en blocage, avec couche interm. de 0m03 de sable et joints garn. en sable.	16,65	325	0,03	22 42	»	»	0,075	4 88	0 42	0 33	0 77	0 03	11 35
1 mèt. car. de relevé à bout, en pavés neufs de 0m,025, forme de sable, joints garn. en sable.	»	»	»	»	mém	»	0,045	4 88	0 29	0 14	0 36	0 03	1 04
Même travail, forme de sable, joints garnis en mortier hydraulique.	»	»	0,025	22 42	mém	»	0,01	4 88	0 29	0 14	»	»	»
1 mèt. car. de relevé à bout en pavés vieux, sur forme de sable, joints garnis en sable.	»	»	»	»	0,23	4 33	0,045	4 88	0 16	0 07	0 36	0 06	1 86
Même travail, forme de sable, joints garnis en mortier hydraulique.	»	»	0,03	22 42	0,23	4 33	0,01	4 88	0 16	0 07	0 32	0 10	2 57
1 mèt. car. de relevé à bout en pavés refendus, forme de sable et bain de mortier hydr.	»	»	0,04	22 42	mém	»	0,01	4 88	0 16	0 07	0 32	0 10	1 60
1 mèt. car. de relevé à bout de chaussée sur blocage.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»		»
1 mèt. car. de repiquage, avec joints garnis en sable.	»	»	»	»	»	»	mém	»	0 11	0 08	0 41	»	0 60
Même travail, avec joints garnis en mortier hydraulique.	»	»	0,025	22 42	»	»	mém	»	0 11	0 08	0 37	»	1 12
1 mètre carré de soufflages.	»	»	»	»	»	»	mém	»	»	0 03	0 48	»	0 51
1 mèt. car. de raccordem. exécuté s. conduits d'eau ou de gaz, joints garnis en sable.	»	»	»	»	0,03	4 33	0,045	4 88	0 04	0 33	0 43	»	2 01
Dépavage { sans transport (grands travaux).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	0 09
Dépavage { avec transp. à 50m (*idem*).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	0 18

Ce système a été appliqué en 1881 rue Montmartre et boulevard Poissonnière, à l'avenue des Champs-Élysées, et rue Rotrou, près l'Odéon. La convention financière conclue pour le travail des Champs-Élysées, est conçue dans une forme assez nouvelle. La ville payera pendant dix-huit ans, pour amortissement des frais de premier établissement et pour entretien, une annuité de 4 fr. 85 par mètre carré. La Compagnie anglaise entretiendra son pavage et le rendra en bon état au bout de dix-huit ans.

La Compagnie avec laquelle la ville de Paris a traité est la plus connue de Londres. En 1880, elle avait exécuté en Angleterre 335,000 mètres carrés de pavage en bois. Les travaux entrepris par elle à Paris ont donné jusqu'à ce jour de bons résultats, en ne laissant circuler sur ces voies que des voitures suspendues, n'écrasant pas le bois sous des poids énormes.

D'autres procédés ont été soumis aux ingénieurs de la ville. Nous citerons : 1° Le système Heuson dans lequel le béton en ciment de Portland qui constitue la fondation est recouvert de bandes de feutre goudronné. Les joints du pavage sont garnis du même feutre; 2° Le système Copland, tout à fait analogue à celui de l'*Improved Wood pavement Company*, n'en diffère que parce qu'un lit d'asphalte est placé entre le dessous des pavés et la couche de fondation.

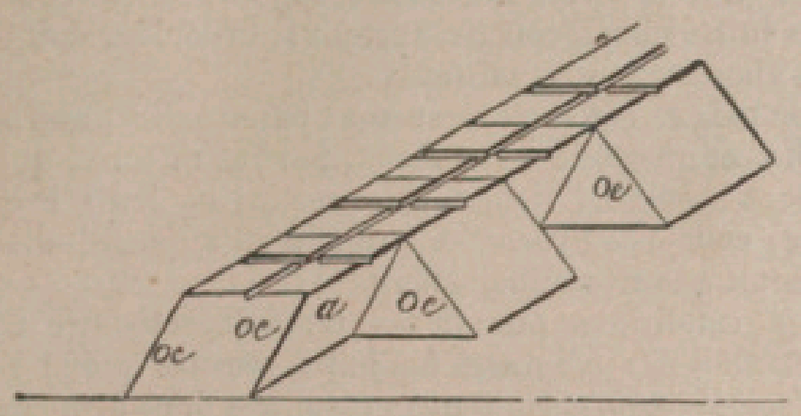
L'on voit en définitive, que le mode de construction joints impénétrables et en même temps de donner des formes simples aux pavés, afin de ne pas diminuer la résistance des fibres de bois et de rendre moins difficiles les travaux d'entretien. Ces vues nous paraissent en concordance avec la logique ainsi qu'avec les enseignements fournis par les expériences déjà anciennes et par les trop nombreux insuccès auxquels elles ont donné lieu.

Pour terminer ce qui a rapport au pavage, nous donnons ci-dessus un tableau *synoptique* renfermant les éléments de prix des différentes natures de pavage que l'on peut avoir à faire exécuter. Dans ce tableau ne figurent pas les frais provenant du mouvement des pavés.

Le *carrelage* n'est autre chose qu'un pavage fait avec des pavés plats ou *carreaux* de terre cuite, de faïence, de liais, de marbre, etc., employés dans l'intérieur des habitations pour remplacer les pavés en bois.

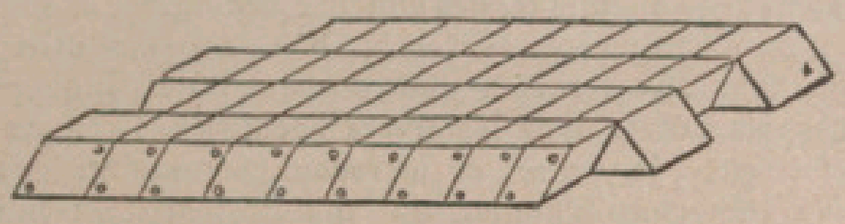
Pour carreler un plancher, on couvre les vides d'une solive à l'autre avec de vieux liteaux de bois qui sont cloués sur ces solives. On a soin de les rapprocher le plus près possible les uns des autres. Sur ces liteaux on pose une couche de mortier de 0m,03 à 0m,04 d'épaisseur, et par-dessus une couche de poussière, afin de bien niveler la surface. C'est sur cette couche que se placent les carreaux l'un à côté de l'autre, en commençant par un angle afin de les placer en losange. A Paris, les carreaux se posent sur du plâtre. La première

couche de plâtre se place, comme nous l'avons dit pour le mortier; cette couche est ensuite recouverte de poussière, et c'est par dessus ces deux couches que se posent les carreaux. Le plâtre que l'on emploie est délayé



1989.

avec de l'eau dans laquelle on a jeté de la suie et de la poussière bien tamisée. Les carreleurs emploient ces deux substances pour ôter au plâtre sa trop grande force, l'empêcher de se sécher trop vite et de se gonfler ce qui dérangerait les carreaux. Le plâtre est meilleur



1990.

que le mortier pour le carrelage, car quand il a fait prise, le carrelage est excessivement solide; avec le mortier, au contraire, les carreaux se dérangent sous le moindre choc.

Quelquefois on emploie des carreaux en faïence de diverses couleurs.

Le tableau suivant renferme le prix du mètre carré de diverses natures de carrelage (N. B. Les carreaux de liais coûtent 5 fr. 50 c. le mètre carré).

NATURE DU CARRELAGE.	Dimensions des carreaux.	Prix du mille.	Prix du mètre car.
			fr. c.
Carrelage en carreaux de Bourgogne à pens. . . .	0m16	50f	3 50
— de Montereau.	*Id.*	40	2 90
— de Massy.	*Id.*	35	2 50
— de Paris. { 1re qualité.. .	*Id.*	34	2 40
— de Paris. { 2e qualité.. .	*Id.*	32	2 30
— en carr. carrés d'âtre. .	0, 19	68	3 05
— en carr. de liais { liais. .	0, 325	5f50c le 1mq	9 50
et marbre. { marb..	0, 135	200	
— *id.* *id.* { liais. .	0, 220	5,50 le 1mq	11 10
— *id.* *id.* { marb..	0, 09	160	
— *id.* *id.* { liais. .	0, 160	5,50 le 1mq	13 15
— *id.* *id.* { marb..	0, 07	140	
Décarrelage de grands et petits carreaux. . . .	»	»	0 08

Le dallage, de même que le carrelage, est un pavage dans lequel les pavés sont remplacés par de larges dalles en pierre qui se posent, tantôt sur une couche de sable, tantôt sur une couche de mortier. Dans la pose de ces dalles il faut avoir grand soin de ne pas laisser de vides dessous, car elles pourraient être facilement brisées. Les Romains employèrent les dalles pour la construction de leurs routes, aujourd'hui elles ne sont employées que pour l'établissement des trottoirs des allées. On doit donc choisir une pierre compacte, s'opposant aux infiltrations des eaux et résistant bien aux frottements. Le plus ordinairement elle sont en granit. Autrefois on employait beaucoup les dalles en pierre ou lave de Volvic, mais ce dallage est abandonné maintenant, car il ne résiste pas assez. Depuis quelques années le dallage en asphalte et en bitume (pour son établissement voyez le mot BITUME) se répand beaucoup, il est appelé à remplacer le dallage en granite et celui en lave de Volvic. Quelquefois on emploie des dalles en *fonte*, on a soin alors de pratiquer des rainures à leur surface afin de les rendre moins glissantes.

MM. Moisson et Polonceau ont essayé d'utiliser les laitiers des hauts fourneaux en en formant des dalles que l'on pourrait ensuite employer au dallage. A la dernière exposition on voyait de ces dalles en *lave artificielles*; ces messieurs ont obtenu une mention honorable. Cet essai n'a pas eu de suites.

Nous donnons ci-dessous le prix du mètre carré de dallage exécuté avec les divers matériaux que nous venons de passer en revue.

NATURE DU DALLAGE.	Épaisseur des dalles.	Prix du mètre carr.
En laves de Volvic.	0m10	13f
Id. *Id.*	0, 07	10
En granit, compris pose et arases en mortier.	0, 05	24
Id. *Id.* (gr. dimension). .	0, 05	24
En asphalte (prix moyen) en gr. partie.	»	6f75 à 8f
En bitume *Id.* *Id.* . . .	»	4,75 à 6
En dalles hydrofuges p. assainissem.	»	5f

PAVOT. Voyez OPIUM.

PEAUX. Voyez TANNAGE.

PECTINE. ACIDE PECTIQUE. La pectine et l'acide pectique, découverts par Braconnot, forment les principes gélatineux des fruits. En versant de l'alcool dans des sucs de fruits, on en précipite une matière mucilagineuse, soluble dans l'eau : c'est la *pectine*. Si on la fait bouillir avec de l'eau renfermant un peu de carbonate de potasse, il se forme un pectate qui se décompose lorsqu'on y verse un acide minéral, et laisse précipiter une matière gélatineuse qui n'est plus soluble dans l'eau; c'est l'acide pectique. Ordinairement, pour obtenir facilement cet acide, on prend de la pulpe de betterave complétement lavée à l'eau, on la délaie dans six à huit fois son poids d'eau, avec 1/50e de son poids de potasse caustique, et on fait bouillir pendant une demi-heure; on filtre la liqueur bouillante et on peut précipiter l'acide pectique par l'acide hydrochlorique; mais, comme il est alors difficile à laver, on préfère décomposer le pectate de potasse par du chlorure de calcium en dissolution très étendue, laver le pectate de chaux insoluble qui se produit, et le faire bouillir ensuite avec de l'eau aiguisée d'un peu d'acide hydrochlorique, qui s'empare de la chaux et qui met en liberté l'acide pectique, que l'on lave enfin avec un peu d'eau froide. On fait dans quelques hôpitaux avec le pectate de potasse ou de soude, des gelées que l'on aromatise avec un extrait de viande, qui ne nourrissent presque pas, et qui sont très convenables pour satisfaire les malades dont on veut tromper l'appétit désordonné.

PEIGNAGE, PEIGNES. Voyez LIN.

PEIGNE. Outil qui sert à fileter les vis et les écrous. Voyez TOUR.

PEIGNES (*angl.* combs, *all.* kæmme). Ustensile de toilette que l'on fait en bois, en corne, en écaille, en

ivoire, en cuivre ou en fer. La matière première étant débitée suivant la forme que l'on veut donner au peigne, on fait les dents, toutes ensemble, au moyen de scies circulaires parallèles montées sur le même axe et convenablement distancées. Pour des gros peignes, en corne ou écaille, à dents écartées, on se sert quelquefois d'un emporte-pièce qui taille à la fois, dans la pièce, les dents de deux peignes. On termine les dents à la lime.

PEINTURE EN BATIMENTS. La peinture en bâtiments est l'art de couvrir de diverses couleurs la surface du bois, du fer, de la maçonnerie, etc., dans le but de les conserver et d'obtenir des décorations agréables à la vue. Suivant la nature du liquide qui sert à délayer les couleurs, on distingue deux genres de peinture, qui sont la *peinture en détrempe* et la *peinture à l'huile*.

PEINTURE EN DÉTREMPE. C'est la peinture dans laquelle on délaie les couleurs avec de la colle très claire. Ce genre de peinture ne peut évidemment servir pour les objets exposés aux intempéries atmosphériques, aussi n'est-il employé que pour la décoration intérieure, et qui doit n'avoir que peu de durée. La colle qui sert à délayer les couleurs est la *colle de peau*, dite *colle au baquet*, qui est fournie par les fabricants à l'état de gelée tremblante. Elle se fond facilement lorsqu'on la met sur le feu. La couleur en poudre que l'on a mis tremper dans de l'eau est alors mélangée avec la colle.

Les *teintes* ne s'appliquent que sur les *encollages*. Ceux-ci s'obtiennent en délayant 4 parties de blanc d'Espagne bien écrasé dans 6 parties de colle pure; il faut les appliquer chauds. Une chaleur de 35 à 40° suffit pour bien faire pénétrer la couleur; une chaleur plus forte ferait éclater les bois. Les couches doivent être appliquées successivement de moins en moins chaudes, afin de ne pas détremper les couches précédemment appliquées. Il faut avoir soin, avant de peindre, d'enlever toutes les parties grasses en les grattant ou les lessivant à l'eau de potasse, et de couvrir les ferrures d'un vernis qui les empêche de se rouiller et de tacher la peinture à la colle.

PEINTURE A L'HUILE. Cette peinture, ne se laissant pas pénétrer par l'humidité, conserve parfaitement les corps sur lesquels elle est appliquée.

Les premières couches de peinture, tant sur le bois que sur le fer, doivent toujours être faites avec de la *céruse*, autrement dite *blanc de plomb*, de la meilleure qualité; on la broie très fine dans de l'huile de noix ou de lin, soit sur une pierre avec une molette, soit au moyen d'un moulin; le premier procédé est trop long pour de fortes quantités. Quand on veut s'en servir pour peindre des volets, des portes ou des lambris, et des boiseries en sapin ou en autre bois blanc, il est indispensable de détruire l'effet des nœuds, qui en général sont tellement saturés de térébenthine qu'ils donnent le plus grand embarras dans ce procédé. Le meilleur moyen d'obvier à cet inconvénient, consiste à passer la brosse sur ces nœuds avec une composition de céruse délayée dans l'eau et fortifiée par une dissolution de colle-forte; quand cette couche est sèche, on peint les nœuds avec du blanc de plomb à l'huile, auquel on ajoute quelque puissant siccatif, tel que du minium ou de la litharge, un quart environ de ce dernier. On applique cette peinture uniformément, et en ayant soin de suivre la direction du grain.

Quand la dernière couche est sèche, on l'égalise avec de la pierre ponce; on donne alors la première couche de peinture à l'huile; cette couche étant suffisamment sèche, on bouche soigneusement les trous des clous, et on masque les autres défauts de la surface avec une composition d'huile et de blanc d'Espagne, appelée *mastic*.

On donne ensuite une nouvelle couche avec de la peinture composée de céruse délayée dans l'huile, et à laquelle on a ajouté un peu d'essence de térébenthine pour en augmenter la fluidité; il faut mettre trois ou quatre couches successives si on veut obtenir un beau blanc ou une couleur de pierre; dans le dernier cas, on y ajoute un peu de noir de fumée ou de noir d'ivoire. Si l'on voulait obtenir une autre couleur, telle que grise, verte, etc., il serait nécessaire d'ajouter cette couleur après la troisième couche, surtout si la couleur doit être d'un blanc mat, gris ou fauve.

Les bois se conservent surtout parce qu'ils absorbent l'huile, et que celle-ci se sèche. Sur les métaux, qui ne peuvent absorber, il faut préparer les couleurs à l'essence; celle-ci s'évapore bientôt, tandis que l'huile ne sécherait que très difficilement.

Les conditions auxquelles on doit satisfaire dans l'exécution des peintures à l'huile, vernies quand elles sont sèches, sont parfaitement résumées dans le mémoire qu'a publié M. Tripier-Deveaux, *sur les dangers qui menacent les peintures vernies*, qui indique toutes les conditions auxquelles on doit satisfaire dans son exécution. Nous le donnons ici dans son entier.

« Les causes qui concourent à la destruction plus ou moins rapide, suivant leur exposition au soleil, des peintures vernies d'extérieurs, sont au nombre de trois : 1° l'humidité des plâtres ou du bois; 2° la préparation vicieuse des enduits ou des couches de teintes; 3° enfin, la mauvaise qualité des vernis. Nous croyons utile de faire connaître à quels signes on peut les distinguer les unes des autres dans les divers accidents, le *cloquage*, le *farinçage*, le *gerçage* et le *rodage*, comme on les appelle en termes d'atelier, qui manifestent l'altération de ces peintures, d'expliquer comment et pourquoi ces accidents arrivent, et d'indiquer les moyens de s'en garantir. Pour remplir notre tâche plus facilement, nous formerons trois catégories de peintures : dans la première, nous classerons celles qui, bien préparées, ont été appliquées sur des plâtres ou des boiseries encore humides; dans la deuxième, celles qui, mal préparées, ont été appliquées sur des fonds bien secs; la troisième, enfin, celles qui, bien préparées et appliquées sur un un fond bien sec, ont été recouvertes d'un vernis de mauvaise qualité. De l'observation attentive de ce qui se passera dans chacune d'elles, ressortira, nous l'espérons, la solution du problème tel que nous venons de le poser, et, persuadés que nous sommes qu'il est facile de suppléer à ce que cet exposé peut avoir d'incomplet, nous entrons de suite en matière.

« *Première catégorie.* Lorsqu'une peinture vernie se bombe, se boursouffle ou *cloque*, se casse et tombe en écailles, sans entraîner avec elle aucune parcelle du fond, et laisser sur lui aucune trace de sa présence, on peut dire de suite que le fond n'était pas bien sec, et que le vernis dont on a recouvert la peinture n'a fait que précipiter sa destruction en bouchant tous les pores, en enlevant ainsi à l'humidité toute chance d'évaporation.

« *Deuxième catégorie.* Les accidents qui résultent de la préparation vicieuse de l'enduit ou des couches de teintes, sont moins connus, plus difficiles à expliquer et à constater. Ils ne sont pourtant que les conséquences inévitables de l'application fausse que l'on fait de cet axiome : *Que la peinture est d'autant plus solide à l'air, qu'elle contient plus d'huile*, ou, en d'autres termes, de la croyance erronée où l'on paraît être que la peinture à l'huile, qu'on doit vernir presque aussitôt qu'elle sera terminée, peut être traitée comme celle qu'on ne destine pas à être vernie, ou qui ne le sera qu'après quinze ou dix-huit mois, quand elle sera bien sèche, comme on a coutume de le faire pour les tableaux de prix. On ne réfléchit pas que le peintre en bâtiment ne peut point attendre l'époque de la dessiccation complète de son ouvrage, et de là tous les accidents que nous allons signaler.

« Supposons que, sur un fond bien sec, on ait appli-

qué trois couches (une d'enduit et deux de teintes, car, pour la peinture en bâtiments, il faut au moins trois couches de couleur préparées toutes trois avec une proportion trop forte d'huile de lin ordinaire), et que, pour faire sécher plus vite, on ait ajouté une forte dose d'huile siccative du commerce, bien qu'à la rigueur il suffirait d'une seule couche ainsi préparée pour donner lieu aux accidents que nous voulons expliquer ; car, disons-le de suite, l'huile grasse ne sèche jamais ; une couche qui contient beaucoup d'huile ordinaire, sèche difficilement ; pour hâter sa dessiccation, si l'on y ajoute une forte dose d'huile grasse, elle ne séchera plus, c'est-à-dire que sous la peau, qui se formera d'autant plus vite à la surface qu'on aura ajouté plus d'huile grasse, il restera dans l'épaisseur de la couche des parties liquides soustraites ainsi à l'action de l'air, et par conséquent hors d'état de se solidifier (car c'est ainsi qu'on doit entendre cette expression : *L'huile grasse ne sèche jamais*). Si, cependant, sur une couche en cet état, qu'on croit sèche, parce qu'elle ne colle plus au doigt, mais qui ne l'est pas à fond, comme nous venons de le voir, on se hâte d'en appliquer une seconde de la même nature, qui augmentera la difficulté que la précédente éprouve déjà à sécher, mais dans laquelle seconde couche les mêmes causes produiront encore les mêmes effets, c'est-à-dire une pellicule extérieure et des parties liquides intérieures ; sur celle-ci si on en applique une troisième, toujours de la même nature, on aura en définitive une épaisseur totale de trois couches de couleurs composées chacune de pellicules mollasses et de parties liquides. — Ce n'est pas tout, on y applique souvent un décor fait aussi à l'huile grasse, et dans les épaisseurs duquel se rencontreront encore des parties liquides, et l'on vernit le tout aussitôt que cette peinture a perdu toute puissance, toute adhérence au doigt, aussitôt enfin qu'elle est réputée sèche.

« Voyons maintenant ce qui va se passer dans une pareille peinture exposée au midi à l'action constante du soleil. L'épiderme résineux aura bien vite acquis toute sa dureté. Mais la chaleur qui fait durcir rapidement le vernis produit d'abord un effet contraire sur les couches de la peinture composées, comme nous venons de le faire voir, de pellicules mollasses et de parties liquides. Les pellicules s'amolliront davantage, les parties liquides se dilateront, et ne pouvant s'échapper à travers les pellicules qui les contiennent, elles soulèveront chacune en forme de boules ou vessies les couches qui leur sont superposées. Si l'action solaire est suffisante pour durcir complétement la peinture en cet état de soulèvement, on a ce qu'on appelle des *cloques* ; si cette action a été insuffisante, les parties dilatées par la chaleur pendant le jour se contracteront par le refroidissement de la nuit, et tout soulèvement disparaîtra. Mais le lendemain, mais les jours suivants, les mêmes causes se renouvelant et reproduisant chaque jour les mêmes effets, de ces deux actions contraires et alternatives de la chaleur et du froid, soulèvement et abaissement quotidiens de couches qui durciront chaque jour davantage, résultera bientôt le brisement, le cassement de ces couches en plaques plus ou moins grandes, plus ou moins régulières, et le liquide surabondant s'échappera à la faveur des issues qui lui sont offertes. — Si ces petites plaques, plus ou moins dilatées ou sèches au moment où la peinture se casse, retombent sur le fond, auquel elles s'attacheront par leurs parois intérieures encore gluantes, s'y fixent solidement et continuent d'y former une surface unie brillante, quoique brisée, on a ce qu'on appelle *faïençage*. Mais si, après ce brisement, et avant d'être fixées sur le fond, ces petites plaques, par un abaissement trop brusque, trop grand de la température, éprouvent un retrait considérable, et, glissant sur le fond, se racornissent ou se fendillent, et si en cet état elles cessent de former une

surface unie, le vernis lui-même, cassé, fendillé avec la peinture qui lui sert d'appui, perdra son brillant, et l'on aura ce qu'on appelle *ridage* ou *gerçage*. — Les petits fossés qui séparent ces plaques les unes des autres seront d'autant plus larges, que la différence des températures opposées aura été plus grande, et le passage de l'une à l'autre plus brusque, et d'autant plus profonds que les parties liquides, véritables causes des accidents, auront été situées dans l'épaisseur de la peinture plus près des plâtres ou des bois qu'elle recouvrait.

« *Troisième categorie*. Sur une peinture bien faite, comme nous le dirons tout à l'heure, les accidents qui résulteront de la mauvaise qualité des vernis n'auront point la gravité de ceux qui, nous venons de le voir, tiennent à l'humidité du fond ou à la préparation vicieuse des couches de teintes ; c'est une peinture tout entière à recommencer dans ces deux premiers cas ; car, dans le troisième, et c'est celui qui va nous occuper, il s'agira tout simplement d'enlever le vernis détérioré qui masque la peinture, et de le remplacer par un autre meilleur, pour rendre aux couleurs toute leur vivacité et tout leur éclat. En effet, un vernis de basse qualité blanchira, perdra vite sa transparence ; un vernis trop corsé, trop poussé en siccatif, parce qu'il retombe dans la catégorie des couches de teintes qui contiennent trop d'huile grasse, cassera et par suite faïencera ou gercera, mais ne cloquera jamais, par la raison que, n'étant recouvert par rien, il finira toujours par sécher, par durcir à fond. Un léger frottement avec de la pierre ponce en poudre, un chiffon et de l'eau suffira pour enlever le vernis blanchi ou cassé, et le fond, ainsi débarrassé de la couche qui l'obscurcissait, reprendra toute sa beauté première sous une nouvelle application d'un vernis qu'il faudra seulement choisir meilleur que le premier. La préparation du VERNIS étant traitée avec détails dans un article séparé, il ne nous reste à donner ici que la méthode de préparer les peintures à vernir, de manière à éviter tous les inconvénients signalés ci-dessus.

Manière de préparer les peintures à vernir.

« 1° Sur les plâtres ou les bois bien secs, les enduits doivent être mêlés d'une forte dose de litharge et de blanc de céruse, et, pour plus de sécurité, doivent avoir été appliqués longtemps avant les couches de teintes.

« Cette première couche étant destinée à prendre pied plutôt qu'à donner le ton de la couleur qu'on recherche, il n'y a pas d'inconvénient à lui donner un peu plus de liquidité qu'aux suivantes, et même, si on l'applique sur un plâtre neuf ou un bois, qui n'est pas bien sec, on aura toujours raison de l'employer bouillante, elle pénétrera mieux et fera mieux corps avec le fond.

« 2° Les couches de teintes broyées à l'huile, ou mieux encore avec moitié huile et moitié essence de térébenthine, doivent être détrempées avec de l'essence pure. Ainsi préparées, la première sera vite en état de recevoir la seconde, et celle-ci le décor ou le vernis. L'addition d'une petite dose d'huile siccative incolore, pour ne pas salir les couleurs, les ferait sécher et durcir plus promptement encore.

« 3° Sur ce fond bien sec, le décor, si on veut en appliquer un, doit être préparé, non pas avec l'huile grasse du commerce, qui forme toujours peau, c'est-à-dire qui trompe en faisant paraître sèche à l'extérieur une couche encore liquide à l'intérieur, comme il est facile de s'en convaincre en creusant avec l'ongle ou avec un canif la pellicule, qui ne manque jamais de se produire, mais avec une huile siccative qui ne présente aucun des inconvénients qu'on reproche à l'huile grasse ordinaire.

« 4° Un bon vernis, sur un fond ainsi préparé et bien sec, ne saurait occasionner aucun accident ; en effet, le fond est également sec et dur partout, il ne contient

nulle part dans son épaisseur des parties molles ou liquides, il n'y aura donc pas de dilatation, et par conséquent, pas de soulèvement en une place plutôt que dans une autre de sa surface, il est donc parfaitement à l'abri des dangers que nous avons signalés et expliqués ci-dessus.

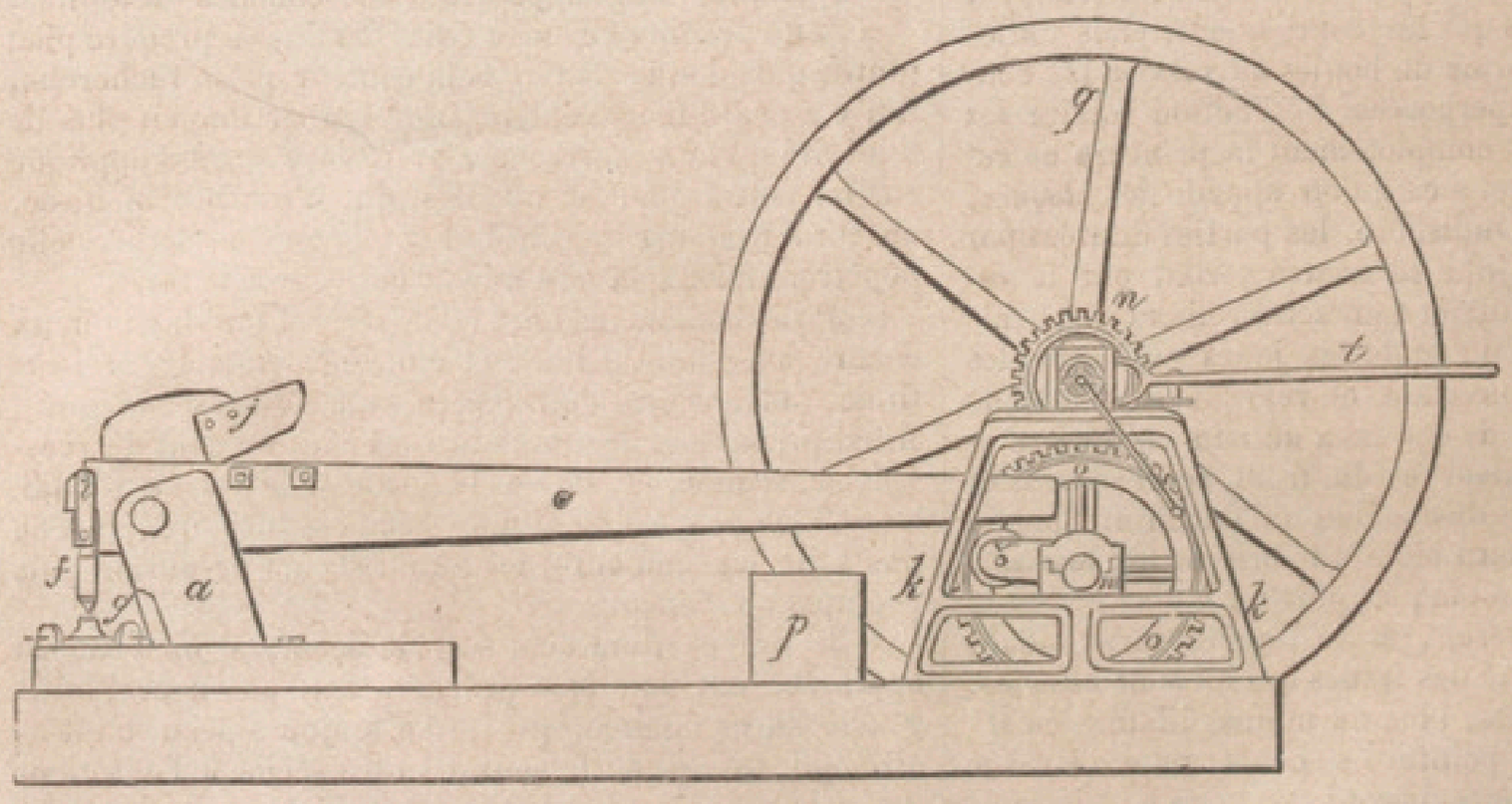
« 5° Mais il faut y appliquer un vernis excellent car avec un vernis de basse qualité, c'est-à-dire promptement effacé, usé, blanchi, le fond resterait bientôt exposé à nu aux frottements, aux coups qu'il pourrait recevoir, ne saurait y résister, et ne tarderait pas à tomber en poussière. »

PEINTURE EN COULEURS VITRIFIABLES. Voyez POTERIE et VERRE.

PENDULE CONIQUE. Le pendule conique dans ses emplois divers et surtout à la machine à vapeur a été étudié en détail à l'article RÉGULATEUR. Nous rappellerons seulement qu'en 1842, M. Chaussenot a proposé l'emploi du pendule conique pour indiquer la vitesse sur les chemins de fer; cette idée n'a pas encore été réalisée, elle n'est pas sans intérêt; ne pourrait-on pas, par exemple, faire servir le pendule conique à accroître la détente avec la vitesse, par une disposition analogue à celle employée par M. Farcot, et permettre ainsi de ramener la consommation de combustible à un minimum.

PERCER. L'action de percer un trou dans une matière quelconque s'exécute, soit par incision au moyen d'emporte-pièces (voyez DÉCOUPOIR), soit par pression au moyen d'un poinçon pointu, soit par arrachement au moyen d'un poinçon cylindrique à rebords acérés, comme dans les machines à percer la tôle, soit enfin par pression et rotation à la fois au moyen d'outils divers, tels que mèches, forets, tarières, etc.

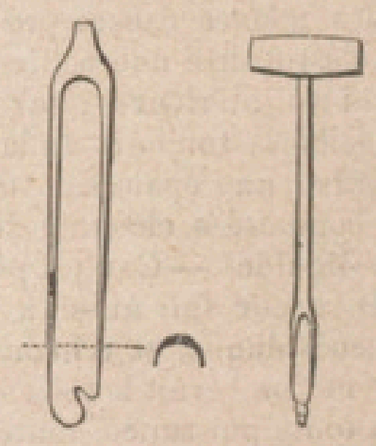
Lorsque la matière est très dure, très tenace et d'une faible épaisseur, comme le sont les feuilles de tôle ou de cuivre laminé employées dans la chaudronnerie, on se sert d'un poinçon cylindrique à bords acérés, agissant en porte à faux et par arrachement, fixé au bras le plus court d'un levier, que l'on met en connexion avec un volant, toutes les fois qu'il s'agit d'une machine importante destinée à faire un grand nombre de trous en peu de temps. La fig. 1991 donne l'élévation d'une machine de ce genre, employée à Chaillot, pour percer les trous des rivets dans la tôle des chaudières à vapeur et des coques de bateaux à vapeur. Cette machine a l'avantage d'ébarber les feuilles à l'aide de la petite cisaille supérieure *j* en même temps que le poinçon *f* fait le trou en pressant sur la matrice *g*; *q*, est un volant qui reçoit d'une machine à vapeur, ou de toute autre manière, un mouvement de rotation continu; sur l'arbre du volant se trouve une roue *n*, qui y est fixée par un manchon d'embrayage mû par le levier *t*; cette roue *n* engrène avec une autre roue dentée *o*, montée sur un axe *m* fixé sur le même bâti que celui du volant; un galet *v*, fixé à l'extrémité d'une manivelle montée sur l'arbre *m*, soulève le levier *c*, qui tourne autour d'un fort boulon situé sur le patin *a*; en *f* est une glissière qui sert à diriger le poinçon dans son mouvement vertical; des brides articulées *i*, *i*, relèvent le poinçon quand le levier *c*, abandonné par le galet *v*, vient retomber sur le support *p*.



1991.

Enfin, plus récemment, M. Cavé a appliqué aux machines à percer les tôles le principe fécond de l'application directe de la vapeur, principe qu'il a également appliqué avec le plus grand succès aux machines à cisailler, à cintrer et à river, décrites en détail à l'article CHAUDRONNERIE, ce qui nous dispense d'y revenir ici.

Lorsqu'il s'agit de percer des pièces épaisses d'une matière assez résistante, mais néanmoins peu dure, comme le bois, on emploie des vrilles, des tarières ou des mèches. Les *vrilles* et les *tarières* ne diffèrent que par leur grandeur; ce sont des mèches emmanchées à angle droit au milieu d'un levier (figure 1992), qui, dans les tarières, est assez grand pour qu'on puisse le manœuvrer à deux mains.



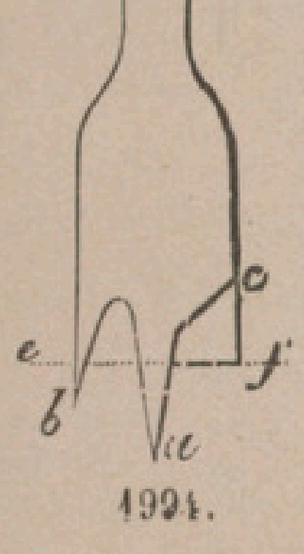
1993. 1992.

Nous avons déjà parlé des *mèches* dans un article spécial, ce qui nous dispense d'y revenir ici; nous rappelerons seulement que les principales sont les *mèches à cuiller* (fig. 1993), qui doivent être employées dans le bois debout, et les *mèches anglaises* (fig. 1994) ou mèches à trois pointes, qui sont particulièrement appropriées au bois de fil.

On emmanche très souvent les mèches, et même quelquefois les forets, à l'une des extrémités d'un vilebrequin (fig. 1995), sorte d'arbre coudé dont la manivelle ou poignée est verticale, et dont l'autre extrémité porte un trou conique dans lequel on introduit une pointe sur laquelle on exerce une pression qui se transmet à l'outil, comme l'indique la figure. Quelquefois cette partie est terminée par une pointe saillante; l'ouvrier place alors sur sa poitrine une plaque en bois ou en fer, dite *conscience*, et dans laquelle se trouvent de petites cavités, l'appuie sur la pointe et exerce ainsi une pression sur l'outil.

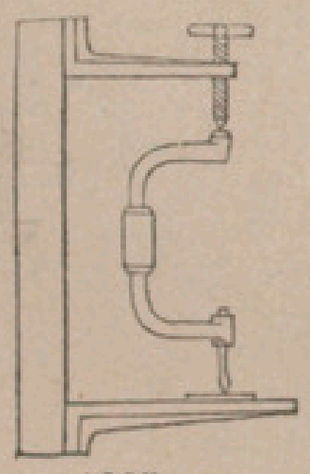
Dans les ateliers de construction, on exerce toujours la pression sur le vilebrequin au moyen d'une vis verti

cale pointue, que l'on tourne pour faire descendre l'outil à mesure que le trou s'avance; la fig. 1996 représente une machine à la main de ce genre, d'un usage très commode. Elle est employée dans plusieurs ateliers, et se place à demeure sur les établis, près des étaux sur lesquels les ouvriers fixent les pièces où ils veulent percer des trous; le centre du trou étant déterminé à l'avance par un coup de pointeau, on serre la pièce dans l'étau et, au moyen d'un fil à plomb, d'équerres, etc., on la place de manière à rendre verticale la direction du trou que l'on veut obtenir; cela fait, on amène la pointe à vis au-dessus du trou de pointeau, on détermine sa position exacte au moyen du pointeau, et on commence l'opération en mettant la pointe de la mèche ou du foret dans le coup de pointeau, et le trou du vilebrequin dans la pointe à vis; on fait tourner l'outil, et on le descend au fur et à mesure en faisant tourner la vis.



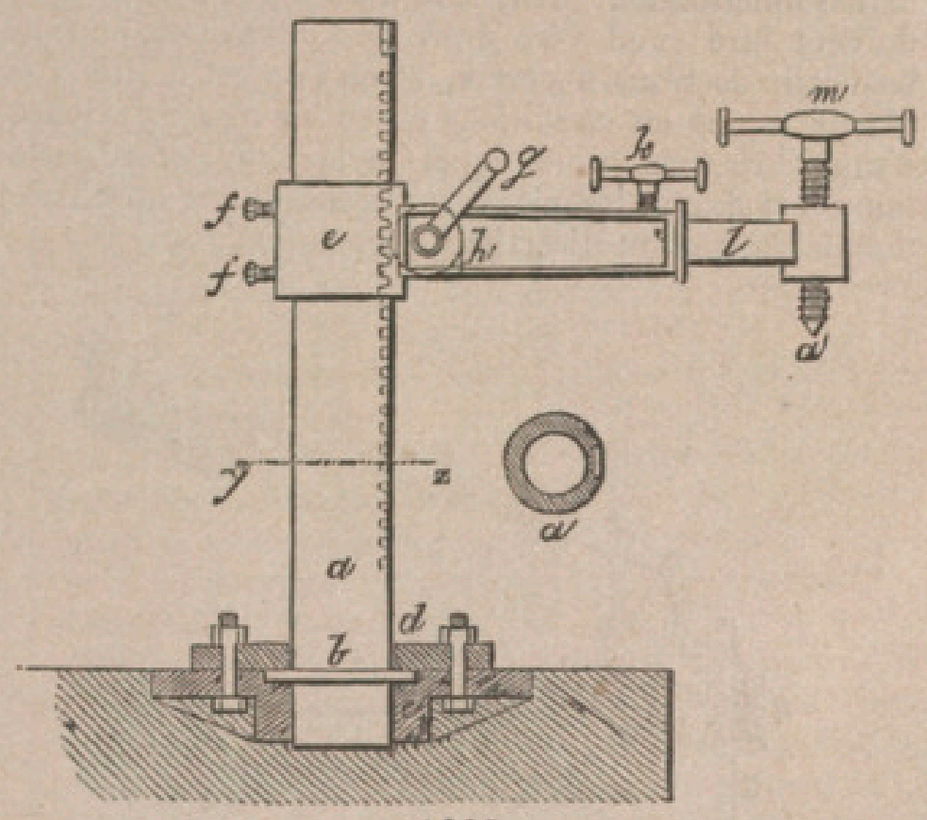
1994.

La machine est disposée de manière à pouvoir amener la pointe *a'* dans une position quelconque. A cet effet, l'arbre *a*, tourné parfaitement cylindrique, porte une embase *b*, au moyen de laquelle il s'appuie sur la base *c*, alésée intérieurement; une pièce annulaire *d* recouvre l'embase, et est fixée par des boulons à la base *c*: en desserrant ces boulons, il devient facile de faire tourner l'arbre *a* sur lui-même et de faire décrire un cercle au point *a'*; *c*, est une pièce en fonte, alésée intérieurement, et pouvant glisser tout le long de l'arbre *a*; *f, f*, vis de pression qui servent à fixer la pièce *e*; *g*, manivelle que l'on fait tourner quand on a desserré les vis *f*. Elle est fixée sur l'arbre d'un pignon *h*, placé dans l'intérieur de la pièce *e*, et engrenant avec une crémaillère verticale située le long de l'arbre *a*. En tournant cette manivelle on fait monter ou baisser la pointe *a'*, et quand elle est dans la position convenable on serre les vis *f, f*. *l*, pièce en fer glissant dans une coulisse horizontale pratiquée dans la pièce *e*; son extrémité est taraudée pour recevoir la vis *m*. En desserrant la vis *k*, la pièce *l* devient libre, et la pointe *a'* peut s'avancer et reculer horizontalement dans le sens de la longueur de la pièce *e*.


1995.

Il est facile de comprendre qu'en faisant tourner l'arbre *a* et avancer la pièce *l*, de quantités convenables, on amène la pointe *a'* également au-dessus du centre des trous à percer. Si on a plusieurs trous parallèles à faire on ne dérange pas la pièce, on varie simplement la position de la pointe *a'*, ce qui se fait très rapidement. Si cette pointe était fixée comme cela a lieu dans plusieurs machines à percer à la main, il faudrait, pour chaque trou, déranger la pièce et la remettre de niveau, ce qui serait infiniment plus long.

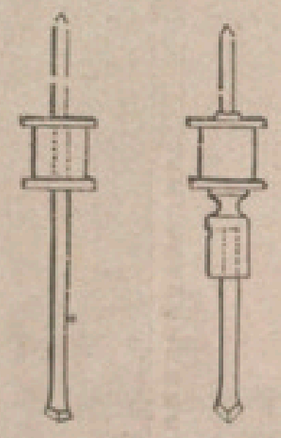
Les *forets* (fig. 1997), dont il a été traité dans un article spécial, remplacent les mèches qui n'offriraient pas

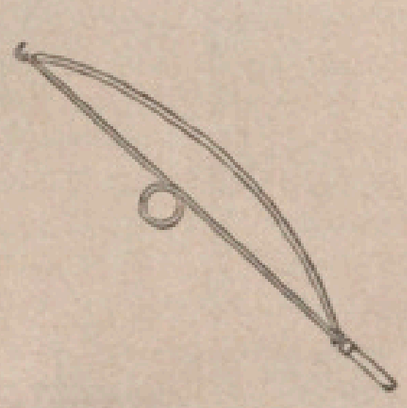


1996.

une solidité suffisante lorsqu'il s'agit de percer des corps très durs, tels que l'ivoire et tous les métaux. On les meut également, soit au moyen d'un vilebrequin, soit souvent, pour des trous de très faible dimension, au moyen d'un *archet* ou *arçon* (fig. 1998), qui sert à imprimer à l'outil un mouvement de rotation alternatif très rapide.

Le perçage à la main ne s'emploie dans les ateliers que pour des trous de petites dimensions, et des pièces


1997.


1998.

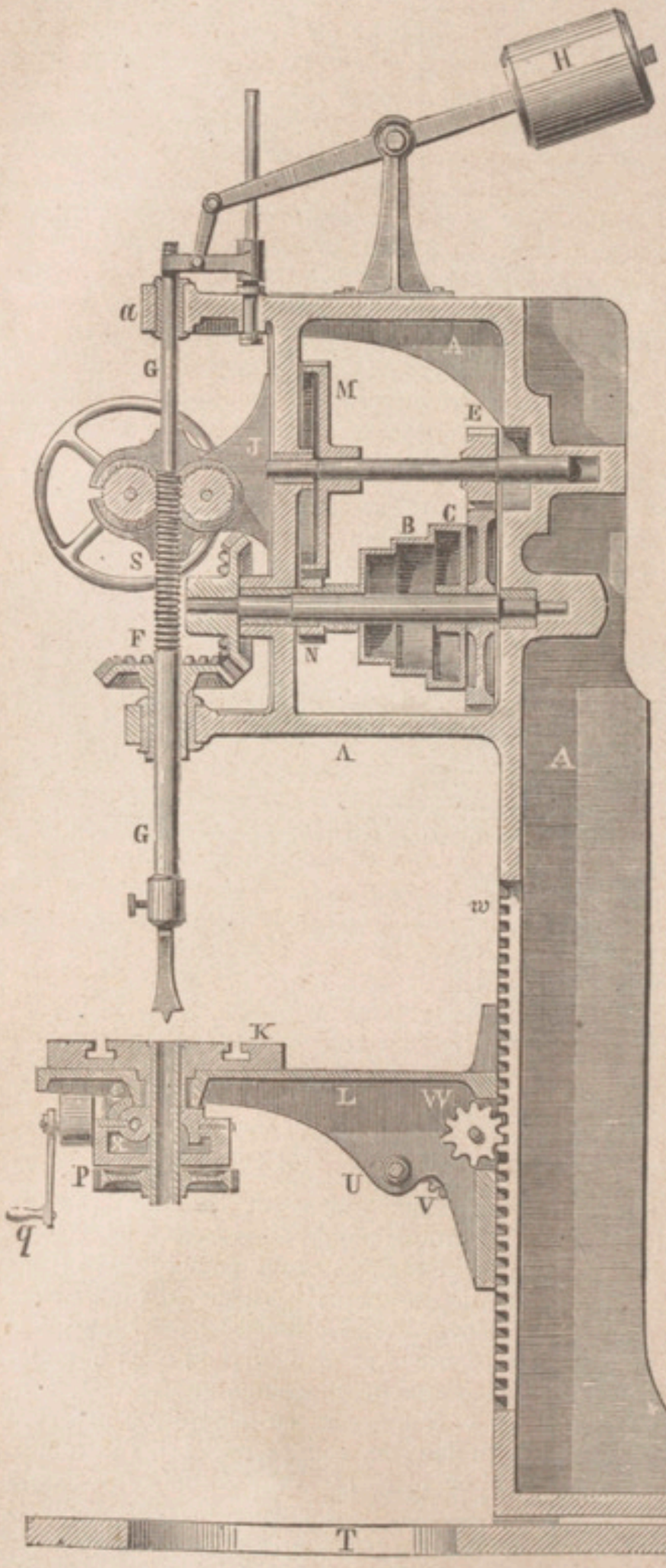
qu'il est plus commode de placer sur des étaux que sur des machines. Dès que le nombre des trous à percer devient un peu considérable, surtout pour le travail des métaux, il est indispensable, si on veut travailler avec économie, d'employer des machines à percer mues par un moteur moins coûteux et plus puissant que l'homme, et qui opèrent avec célérité et économie.

Ces machines se composent, en général, d'un arbre vertical maintenu dans des coussinets, et à l'extrémité inférieure duquel on place le foret. Cet arbre, outre le mouvement de rotation, peut encore marcher dans le sens de sa longueur. La pression sur le foret est déterminée d'ordinaire par des contre-poids fixés à l'extrémité de leviers, que l'on peut allonger ou raccourcir afin de faire varier la pression. D'autres fois, le mouvement descentionnel est déterminé par un système de vis et d'engrenages analogue à celui que nous avons décrit à l'occasion des ALÉSOIRS. Les pièces à percer sont fixées sur un plateau horizontal au moyen de boulons et d'écrous; si l'on doit y pratiquer plusieurs trous, il faut changer leur position sur le plateau. Il existe, dans quelques ateliers, des machines à percer analogues.

quant au principe, à la machine à percer à la main que nous avons décrite. Le foret peut se transporter sur tous les points d'un cercle d'un rayon assez considérable, et percer des trous parallèles sur une même pièce sans qu'il soit nécessaire de la déranger. Ces machines fonctionnent bien, sont d'un usage commode, et doivent être employées dans tout atelier où on aura beaucoup de trous à percer, et où l'on est désireux de réunir toutes les conditions d'une bonne exécution et d'une fabrication économique. Quelquefois l'arbre porte-lames est fixe et les pièces sont placées sur un chariot mobile dans deux directions perpendiculaires.

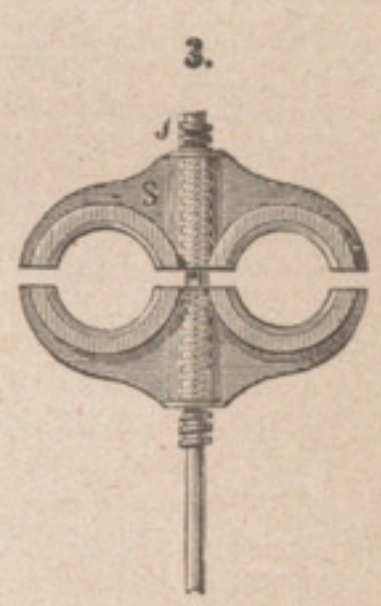
châssis T, qui doit reposer solidement, et sans être assemblé, sur le sol de l'atelier.

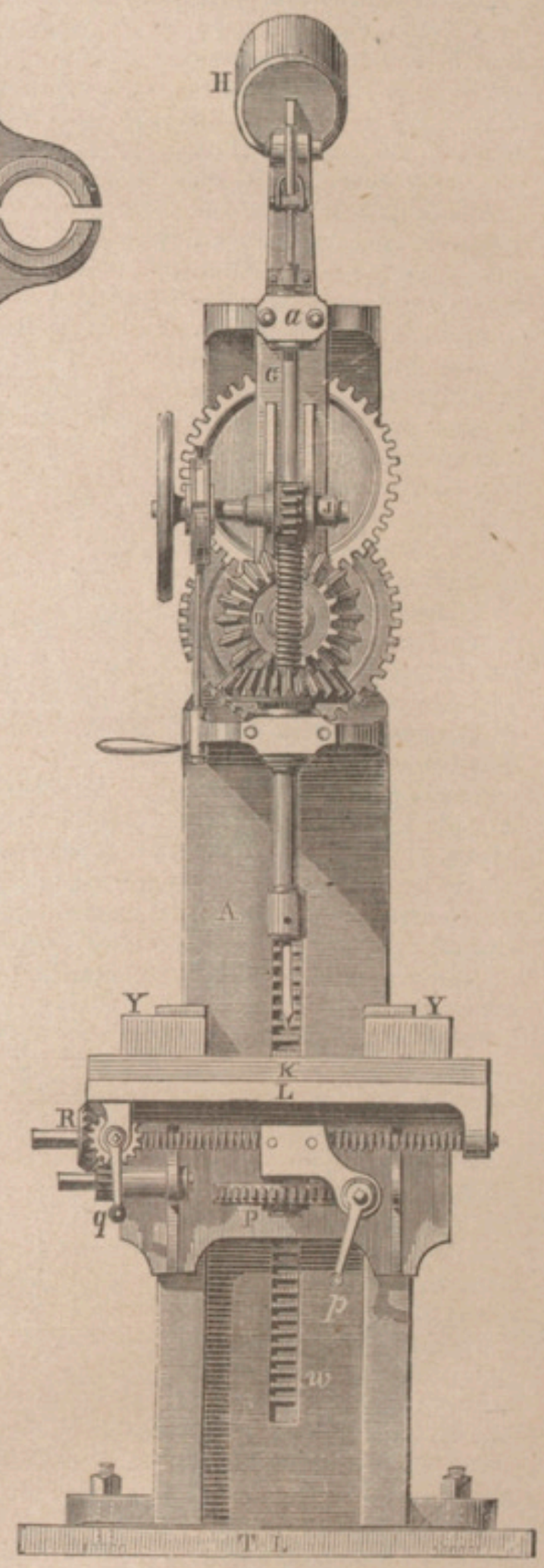
A la partie supérieure le bâti principal est double afin de porter les extrémités extérieures de l'axe *b*, qui reçoit le mouvement, et de guider la marche de l'outil. L'axe *b* porte le cône moteur B à trois vitesses, la roue dentée C et la roue d'angle D. Le cône moteur est libre sur l'arbre et lui communique le mouvement au moyen de la roue dentée C, qui est assemblée sur l'axe, et avec lequel il *peut être assemblé* par un boulon et un écrou. Cette roue engrène avec le pignon E monté sur le même axe qui porte la roue M; celle-ci, à son



1.

3.





2.

Machine à percer de MM. Whitworth et Ce, de Manchester. La fig. 1 est une coupe verticale dans le plan de l'axe du cône moteur; la fig. 2 une vue de face de la machine. A A est le bâti en fonte qui supporte toutes les parties de la machine qui se meuvent, ainsi que la plate-forme. Ce bâti, formé d'une seule pièce de fonte, est fixé par trois forts boulons sur le

tour, engrène avec le pignon N, qui est attaché vers le haut du cône B, mais qui est libre sur l'axe *b*.

Cet arrangement est en tous points le même que le système accélérateur ordinaire d'un tour, et produit au même effet. Supposons qu'il n'agisse pas, le cône, entraîné par sa courroie, fait tourner l'axe *b* à cause d son adhérence à la roue C, et en même temps met en

mouvement le foret G G, qui peut glisser verticalement lorsqu'on agit comme nous allons le voir. Trois degrés différents de vitesse peuvent être imprimés au foret selon qu'on place la courroie motrice sur un des trois diamètres du cône. Mais que les roues supérieures soient engrenées comme il est représenté dans le dessin, le cône n'étant plus lié à la roue C, le mouvement qui lui sera communiqué n'entraînera plus directement l'arbre *b*, mais le pignon N, fixé sur lui, mettra en mouvement la roue M sur le même axe que le pignon E. Ce dernier fera, par conséquent, le même nombre de révolutions que M, mais, étant d'un diamètre plus petit, fournira une vitesse proportionnellement moins grande à la roue C, avec laquelle elle engrène, et qu'elle fait par suite tourner avec une vitesse diminuée dans le rapport des rayons des roues d'engrenage. La roue C étant fixée sur l'arbre *b*, imprime au pignon D la même vitesse diminuée, et celle-ci au porte-foret G G, qui est libre de glisser verticalement dans l'œil de la roue F sans pouvoir tourner indépendamment de celle-ci. Cette vitesse réduite peut, bien entendu, être également variée en plaçant la courroie sur une poulie quelconque du cône à vitesse. Derrière le pignon E il y a une cavité dans le bâti pour le laisser entrer quand les roues retardatrices sont désengrenées, et on peut remarquer que cet engrenage de vitesse ne doit être mis en mouvement que quand la machine est employée pour percer des trous de plus d'un pouce et demi de diamètre.

La roue F est fondue avec une longue saillie creuse qui est adaptée à un collier de cuivre dans la branche inférieure du support ; ce collier est maintenu par un chapeau assemblé avec lui.

Comme on l'a déjà observé, le porte-foret passe à travers la roue F, qui lui sert ainsi de guide inférieur. L'extrémité supérieure de l'axe est en même temps guidée par un collier ajusté de la même manière dans la branche supérieure du support A, et est ainsi guidé verticalement en montant et en descendant.

Au bout du foret est attaché le contre-poids H par un levier à articulations qui entraîne une traverse glissant sur un guide vertical et assemblé par un écrou avec le bâti A.

Le porte-foret est taillé en vis sans fin vers le milieu de sa longueur ; il engrène avec deux roues J J entre lesquelles il tourne, et qui remplissent la fonction d'écrou pour aider le foret dans l'action de percer par une disposition qu'on décrira plus tard.

K est la plate-forme sur laquelle repose la pièce qu'il s'agit de percer, et à laquelle elle peut être adaptée solidement par des boulons à tête. La plate-forme porte des rainures pour retenir les têtes des boulons qui maintiennent la pièce à percer. Quand la surface de la pièce est beaucoup plus petite que celle de la table, la tête du boulon peut être introduite sur quelque endroit de la surface que l'on veut par les creux K K, qui forment deux séries de rainures en queues d'aronde à angle droit l'une sur l'autre. La table est elle-même portée par un grand support, qui est fortifiée en dessous par deux grosses nervures. Le support est attaché au bâti A A par deux pièces glissantes à recouvrement Y, qui sont boulonnées sur la table, et qui, dressées avec soin, s'appliquent sur les faces inclinées du bâti. Ces faces sont rabotées là où elles rencontrent les faces obliques des pièces glissantes. Par ce moyen, on obtient un assemblage qui ne permet que le mouvement vertical. Quand les glissières s'usent par le frottement, elles peuvent être resserrées par des vis. Le support est élevé et abaissé par une manivelle à l'aide de laquelle on fait tourner le pignon U. Ce pignon engrène avec la roue dentée ajustée sur le même axe que le pignon W, qui engrène à son tour avec la crémaillère ajustée dans le bâti A A de la machine, de manière à en former partie intégrante. En tournant la manivelle, il est évident que le mouvement sera transmis au support, qui s'élèvera ou s'abaissera suivant la direction dans laquelle on tournera la manivelle. La table K a un double mouvement sur le support ; l'un circulaire et l'autre dans la direction de la longueur de la table. Le mouvement circulaire est effectué par une manivelle *p* supportée dans un support formé sur la boîte X, qui devient ainsi un centre de rotation. Sur son axe il y a un filet qui, engrénant avec la roue horizontale P assemblée sur l'axe central de la table K, communique le mouvement de la manivelle *p* à la table.

Il est à remarquer que l'axe sur lequel la roue P est fixée est fondu creux et est ajusté à la table par une clef.

Le mouvement latéral de la table est effectué d'une autre manière.

Un creux de la forme d'un parallélogramme est réservé dans le support L, avec des nervures saillantes *e*, *e* de côté, pour servir dans le double but de donner de la force à la plate-forme et de former des guides contre lesquelles le coussinet de la boîte mobile X puisse glisser, les surfaces en contact étant rabotées à cet effet. Le mouvement est communiqué par la manivelle *q* située sur l'axe qui porte la roue d'angle Q. Cet axe a ses supports attachés au support L, et engrène avec la roue R, adaptée au bout d'une vis qui tourne dans des coussinets assemblés à la plate-forme. En tournant la manivelle *q*, il est évident que la pièce qui sert d'écrou sur la vis *d* sera entraînée dans la direction de la longueur de la vis ; mais l'écrou étant attaché à la table, le tout s'ébranlera simultanément dans cette direction. A l'aide de ces deux mouvements, tout point de la table K, tout objet peut être amené exactement sous l'axe du foret, et, à l'aide du mouvement vertical du support, à la hauteur convenable.

Il nous reste à expliquer le mode d'action des roues dentées qui agissent pour faire descendre le foret, qui est extrêmement ingénieux. Sur les axes de ces roues sont placées deux poulies dont les circonférences sont entourées de deux colliers à frottement *s s* (fig. 3). Le porte-foret taillé en vis étant mis en mouvement, les roues J J ne peuvent être en repos sans produire l'effet d'un écrou fixe, qui le force à descendre d'un pas par chaque tour. Cet effet de produire une pression convenable, sans danger de briser les pièces, est produit en rapprochant les colliers à frottement, qui s'éloignent ou se rapprochent suivant qu'on fait tourner dans un sens ou dans l'autre un petit volant que l'on conduit à la main, et l'on produit ainsi, sans effort, une pression considérable du foret, s'il est nécessaire. Le contre-poids relève celui-ci aussitôt que cesse l'action dont nous venons de parler.

Nous donnerons encore d'intéressantes machines à percer remarquées à l'Exposition de 1862, et dont l'emploi peut être très-avantageux dans des cas déterminés.

Machine à percer radiale, automatique et à table reposant sur le sol, de Hulse de Manchester. — La partie fixe de cette machine pouvant percer divers points d'une circonférence du cercle (d'un rayon plus grand que celle du même genre donnée à MACHINES-OUTILS) sans déplacer la pièce à percer, se compose d'une grande table à rainures A, reposant directement sur le sol, et munie, à l'une de ses extrémités, d'un socle cylindrique sur lequel est fixée une colonne B, qu'on peut considérer comme faisant partie de la même pièce, et qui sert de support à toutes les parties mobiles de l'appareil. Les rainures de la table peuvent servir directement à la mise en place des grosses pièces ; et, dans le cas où l'on aurait à travailler sur des pièces plus petites, on y boulonnerait une sorte de billot cylindrique *a*, dont le plateau supérieur est disposé, soit avec des rainures, soit avec des mortaises, pour le passage des boulons d'assemblage.

La colonne verticale porte l'arbre moteur et les glissières sur lesquelles doit venir s'assembler le châssis mobile C, qui porte le banc radial D, avec le foret et tous les organes nécessaires à son fonctionnement.

Dans la position qui est représentée par la figure 4,

Cette combinaison n'offre rien de particulier, mais il faut que les mêmes fonctions puissent être remplies par tous les organes qui la constituent, quelle que soit la position de l'outil par rapport au bâti de la machine.

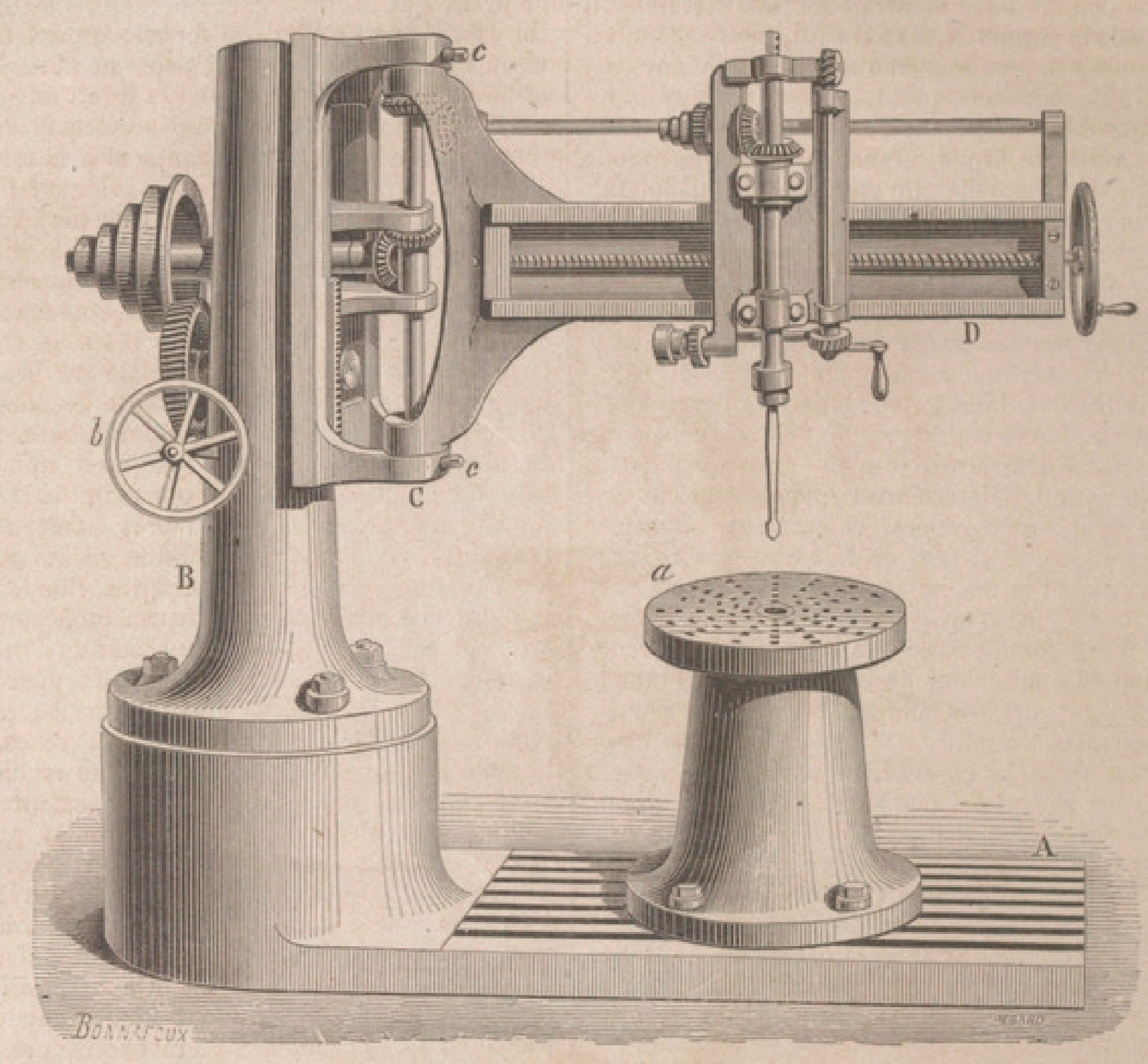


Fig. 4.

l'effort moteur est transmis à la poulie motrice, et, par l'intermédiaire du pignon conique calé sur le même axe, il entraîne l'arbre vertical au sommet duquel une nouvelle paire d'engrenages coniques sert à faire tourner, sur lui-même, le petit arbre horizontal, qui porte en son milieu un pignon engrenant avec la roue droite, figurée sur le dessin, et dont l'arbre porte à son autre extrémité une nouvelle roue d'angle ; c'est cette dernière roue qui engrène avec celle du porte-outil, et qui imprime à celui-ci son mouvement de rotation. Quant au mouvement de descente automatique de cet outil, il est également dérivé du dernier arbre horizontal, au moyen de la poulie à étages qui se voit à côté de la roue droite ; le mouvement de rotation est transmis, par courroie, à la poulie inverse qui est au bas du porte-outil, et au pignon droit qui est solidaire avec elle ; ce pignon engrène avec un pignon parallèle dont l'arbre horizontal fait fonctionner, par vis sans fin, le petit pignon horizontal qui se voit de l'autre côté de la figure et dont l'arbre vertical est également muni d'une vis, à sa partie supérieure ; enfin c'est cette vis qui est chargée d'entraîner le petit arbre horizontal qui agit, au moyen d'un pignon placé en son milieu, sur la crémaillère de la tige du porte-outil. Si ce mouvement de descente devait s'opérer à la main, on supprimerait la courroie et on agirait après débrayage au moyen de la manivelle qui est solidaire avec le dernier arbre vertical.

Le transport longitudinal du chariot du porte-outil s'effectue au moyen de la vis horizontale qui règne d'un bout à l'autre du banc radial D ; le chariot tout entier se déplace parallèlement à lui-même, en entraînant avec lui tous les organes de transmission, y compris le pignon droit qui glisse sur une rainure de l'arbre horizontal supérieur.

Le mouvement autour du premier arbre vertical, parallèle à l'axe de la colonne, s'effectue directement à la main ; et toute la partie mobile de l'appareil est fixée dans la position convenable, au moyen de deux vis de pression, dont les têtes sont apparentes en *cc* sur le dessin.

Quant au soulèvement tout entier du banc, il s'opère également d'une manière simple. Un petit volant à manette *b* agit, par vis sans fin, sur un arbre horizontal, dont la roue dentée se voit à la gauche du dessin ; à l'autre extrémité du même arbre est un pignon, agissant sur la crémaillère qui fait partie du châssis mobile C ; dans ce mouvement, le deuxième pignon conique glisse sur l'arbre vertical d'articulation, et ne cesse pas de rester en prise avec le pignon qui le commande ; on pourra donc monter et baisser ce chariot, faire tourner le châssis horizontal, tout autour de la machine, enfin éloigner ou rapprocher l'outil, de toute la longueur du chariot horizontal, sans pour cela qu'aucun des organes de transmission cesse de fonctionner. Cette condition a exigé l'emploi

d'un plus grand nombre d'engrenages intermédiaires; mais le résultat est aussi complet que possible, et la machine constitue un outil puissant, très-solide, et d'une très-bonne application à un grand nombre de travaux.

Machine à percer de Shanks. — Plusieurs applications des engrenages à coin (Voy. ENGRENAGES, *Complément*) avaient été faites à l'Exposition de 1862 à des ventilateurs et à divers appareils devant être mus à grande vitesse notamment; mais la seule qui nous ait paru vraiment bonne, dit M. Tresca, auquel nous empruntons ces descriptions, en raison de la petitesse des efforts à transmettre, est celle de M. Shanks, dans sa nouvelle

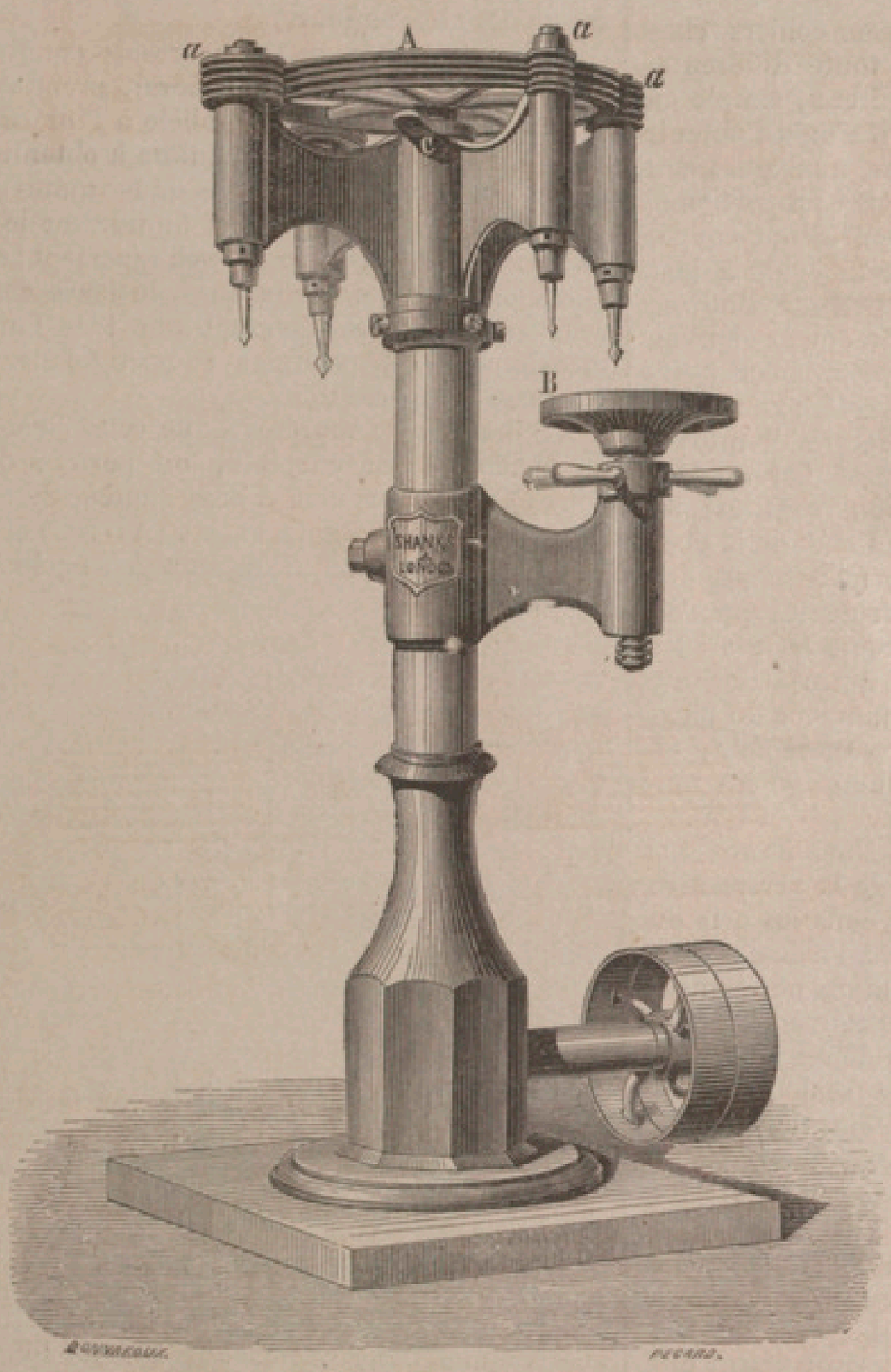


Fig. 3.

machine à percer, à plusieurs forets. Cette machine est représentée (*fig.* 5); le mouvement est transmis par la poulie placée au bas de l'appareil à un arbre à peu près vertical qui est renfermé dans la colonne extérieure, et porte la roue à coin A, qui est toujours un peu inclinée du côté du plateau B, représenté sur la droite du dessin. Celle-ci engrène avec de petites roues d'engrenage également à coin, avec de petits pignons *aaa*, distribués à égale distance sur le pourtour de la machine, et portant chacun un foret suivant leur axe. Les coins des pignons entrant dans les rainures de la grande roue déterminent une suffisante adhérence entre cette roue et le pignon correspondant, pour que le premier de ces organes entraîne la rotation de l'autre, avec une vitesse angulaire d'autant plus grande, pour une même vitesse de l'arbre moteur, que le diamètre du pignon est moindre.

M. Shanks est ainsi parvenu, très-simplement, et sans faire naître des frottements un travail résistant nuisible, à faire mouvoir ses forets avec des vitesses différentes, en montant, sur leur axe, des couronnes de diamètres variés et appropriés à la vitesse qu'il convient de donner à chacun d'eux, eu égard à son diamètre, à la dimension du trou qu'il doit percer.

La tête de cet appareil, qui porte quatre forets, est mobile sur la colonne principale, et l'on peut à volonté mettre l'un ou l'autre de ces forets en prise avec la roue centrale, en l'amenant au-dessus du plateau latéral B. On voit sous la grande roue une sorte de clef C, qui sert à fixer exactement, au moyen d'un verrou et d'une entaille, la tête de l'appareil dans la position convenable.

La pièce à forer étant assujettie sur le plateau B, il suffira de soulever celui-ci, au moyen de l'écrou à poignées qui est au-dessous de lui, pour que le foret pénètre dans la pièce et fasse rapidement son office. Placée à l'écart, dans un atelier, cette machine serait d'une utilité très-grande pour effectuer rapidement le percement des petites pièces, suivant l'un ou l'autre des diamètres des différents outils qui y seraient placés, des mèches que l'on n'a pas besoin de remplacer les unes par les autres à mesure qu'on a besoin des unes ou des autres. C'est une application nouvelle, d'une réelle et sérieuse utilité, des engrenages à coin de M. Minotto, dont on comprend enfin les avantages.

PERLES. Les perles sont produites par quelques espèces de mollusques bivalves, qui sont sujets à une sorte de maladie causée par l'introduction de corps étrangers dans l'intérieur de leur coquille : la substance nacrée, au lieu de s'étendre en couche sur la coquille, enveloppe alors ces substances pour mettre leur corps à l'abri des irritations qu'elles produisent. La perle est formée de couches concentriques autour d'un noyau central, qui est le corps étranger, origine de sa formation : sa substance est de même nature que la nacre et essentiellement composée de carbonate de chaux.

Ce sont principalement les espèces de mollusques les plus riches en NACRE qui produisent les perles : les plus estimées viennent de Ceylan et d'Olmutz, dans le golfe Persique, où leur pêche donne lieu à un commerce assez important. Les Orientaux les prisent à l'égal des pierres gemmes les plus chères; en Europe, elles sont beaucoup moins recherchées, et leur prix est beaucoup moins élevé. Pour être estimées les perles doivent être grosses, sphériques, et réfléchir la lumière en la décomposant avec une grande vivacité.

PERLES ARTIFICIELLES. On donne ce nom à de petits globules en verre mince, percés de deux trous opposés à l'aide desquels on peut les enfiler, lorsqu'on les a préparés de manière à ce qu'ils puissent imiter les concrétions arrondies, brillantes et irisées des *perles orientales* que fournissent certaines coquilles bivalves. Ces globules se soufflent très minces à la lampe avec des verres blancs bleuâtres opalins; on y introduit une goutte d'ESSENCE D'ORIENT, qu'on prépare, comme nous l'avons vu, avec des écailles d'ablette et de l'ammoniaque, et on fait sécher doucement pour faciliter la volatilisation de l'ammoniaque; enfin, pour donner plus de solidité aux globules, on en remplit ordinairement l'intérieur avec de la cire.

Les grains de verroterie employés pour colliers, chapelets, etc., se font d'une manière toute différente. On prend des tubes en verre blanc laiteux, simple ou doublé en rouge, bleu, etc., selon qu'il s'agit d'obtenir des grains blancs ou colorés; ces tubes, analogues aux tiges de thermomètres, et d'un diamètre proportionné à celui des grains que l'on veut obtenir, sont coupés par paquets en cylindres d'une hauteur égale à leur diamètre; on introduit ensuite ces petits cylindres, avec un mélange de plâtre et de graphite, ou de charbon de bois pulvérisé et d'argile, dans un tambour pyriforme en cuivre ou en fer battu traversé par un axe en fer, et que l'on place ensuite au-dessus d'un foyer dans un fourneau convenablement disposé. On imprime au tambour un mouvement de rotation continu; les cylindres de verre se ramollissent par l'effet de la chaleur, et prennent peu à peu, par le frottement, une forme sphérique : les substances pulvérulentes que l'on a introduites dans le tambour empêchent les globules de verre de se souder les uns aux autres. Lorsque l'opération est terminée, on retire le tambour du fourneau au moyen d'une petite grue à volée mobile; on laisse refroidir, et on sépare par le tamisage les matières pulvérulentes.

PERSPECTIVE ISOMÉTRIQUE. Nous ne voulons pas parler dans cet article des règles de la perspective telle qu'elle s'emploie ordinairement dans les arts du dessin, ni des méthodes de projection à l'aide desquelles on représente les objets, les machines notamment à l'aide de plusieurs plans de projection convenablement choisis. Nous avons dit quelques mots de ces méthodes dans l'INTRODUCTION. Nous voulons seulement exposer ici un nouveau système de représentation inventé en Angleterre par le professeur Farish, qui a pour but de présenter une vue satisfaisante d'un objet, tout en permettant de retrouver sur ce même dessin ses dimensions dans tous les sens. (Nous empruntons à M. Tom Richard, telle qu'il l'a donnée dans un recueil industriel, l'exposition de cette méthode.)

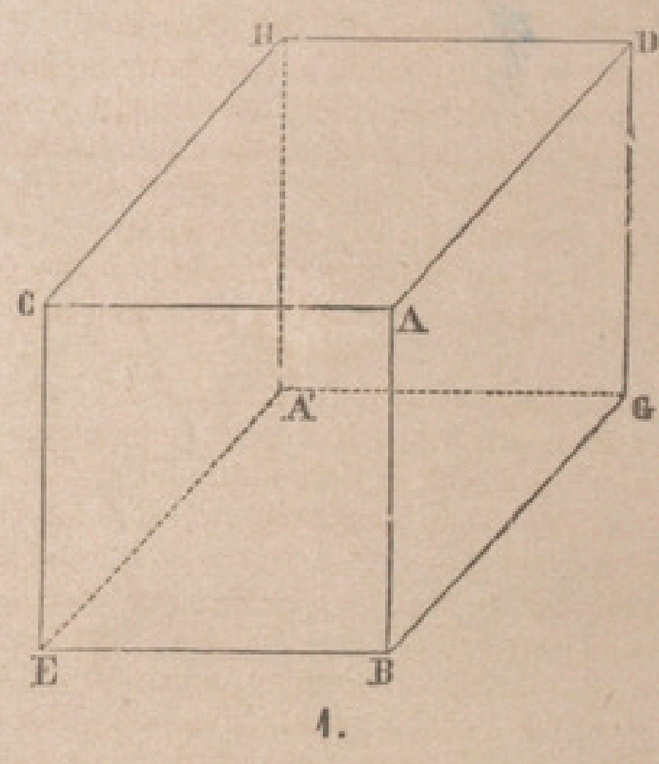
« Au premier aperçu, dit-il, on pourrait croire que la meilleure méthode consisterait, en faisant occuper à l'œil une position invariable, à tracer sur une vitre ou sur une feuille de papier qui la recouvrirait tous les traits suivant lesquels l'œil apercevrait les différentes arêtes de l'objet à représenter; mais pour peu que l'on y réfléchisse, on reconnaît bientôt que l'on n'obtiendrait ainsi qu'une solution très imparfaite; deux objets de la même grandeur, en réalité, seraient représentés sous des grandeurs tout à fait différentes selon leur degré d'éloignement; une fenêtre placée ici sera plus grande qu'une maison entière qui sera située là-bas; la première sera indiquée avec tous ses détails; celles de la maison, plus éloignées, ne seront accusées que par une image à peine visible; aucune mesure ne pourra être prise sur un pareil dessin; ce ne sera qu'une œuvre d'art, absolument nulle au point de vue de la réalisation matérielle de l'objet représenté par le dessin; la perspective vraie ne saurait donc à cet égard convenir.

PERSPECTIVE ISOMÉTRIQUE.

« Aussi a-t-on cherché depuis longtemps à remplacer cette perspective vraie par la perspective cavalière, qui n'est autre chose qu'une projection oblique faite sur un plan parallèle, le plus souvent, à une des faces principales de l'objet. Le dessin alors représente l'objet tel que le verrait celui qui serait placé immensément loin, mais ici encore, malgré le parallélisme dans le dessin des différentes projections des lignes parallèles dans l'espace, les dimensions sont altérées, celles-ci plus, celles-là moins, de manière qu'il est impossible de trouver sur le plan à l'aide du compas les éléments des grandeurs, nécessaires pour reconstruire. (La représentation des objets dans ce système, à l'aide de la photographie, tend à en rendre l'application plus fréquente chaque jour.)

« Pour satisfaire cette importante condition pour la pratique, on préfère, en général, prendre pour plan de projection un plan parallèle à l'une des faces de l'objet à représenter, de manière à obtenir une représentation en vraie grandeur dans toutes les dimensions parallèles à ce plan, et figurer sur le côté la façade latérale qui est alors vue obliquement; on n'obtient ainsi, en quelque sorte, que plusieurs dessins à des échelles différentes, donnant une idée fausse des dimensions et des positions respectives des différentes parties d'un même tout.

« S'il s'agit de représenter de cette façon une caisse d'emballage, par exemple, on portera de A en B (fig. 1) sur la verticale A B la hauteur de cette caisse; on complétera la figure exacte (A B E C) de sa face antérieure en prenant la distance A C égale à la largeur



1.

de cette face et en complétant le rectangle A B C E. Pour donner l'idée de la profondeur de cette caisse, on mènera une ligne quelconque B G de longueur arbitraire, on tracera les parallèles A D, C H, G D, D H; le parallélogramme A B G D représentera la face latérale de droite de la caisse, le parallélogramme A C E D la face supérieure.

« Dans ce mode de représentation, toutes les lignes contenues dans le plan A B C E seront figurées en vraie grandeur et pourront servir à l'exécution; les lignes parallèles à A D pourront également être employées pour mesurer les profondeurs; mais, suivant l'un ou l'autre cas, l'échelle qu'il sera nécessaire d'employer sera différente, et l'œil ne sera pas immédiatemen frappé des rapports réels de grandeur entre les différentes faces.

« Et si l'on remarque que presque toutes les arêtes d'un bâtiment et même d'une machine sont parallèles à l'une des lignes A B, A C, A D, on voit déjà toute l'utilité d'un pareil système, défectueux cependant en ce sens qu'il habitue l'œil à mal juger, et en ce qu'un même échelle ne peut servir dans les trois directio

PERSPECTIVE ISOMETRIQUE.

principales. Que si on veut se mettre à l'abri de cette dernière objection, on donne à la ligne AD la dimension même de la profondeur de la caisse, on exagère encore le premier inconvénient que nous venons de signaler, et l'on n'a plus qu'un dessin absolument inexact. Il est tout à fait impossible qu'une projection oblique ou orthogonale de la ligne AD, quelles que soient l'obliquité et la position du plan, soit égale à cette ligne AD dans l'espace, si elle n'est pas parallèle au plan sur lequel la projection a lieu.

« Vérité géométrique dans la projection, représentation à la même échelle des trois lignes, AB, AC, AD, telle est la double difficulté que résout heureusement la perspective isométrique que l'on peut considérer comme un cas particulier de la projection orthogonale, mais un cas particulier parfaitement choisi, et jouissant de propriétés fort remarquables que nous avons pour but, dans cette note, de mettre en relief.

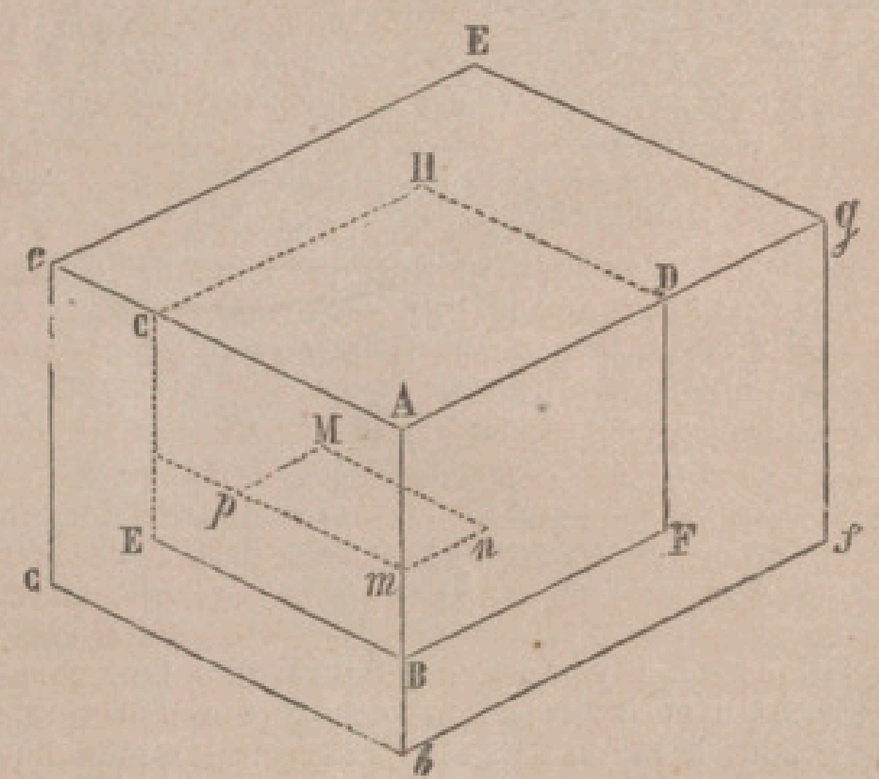
« Le plan de projection choisi par M. Farish n'est parallèle à aucune des faces principales de l'objet à représenter, mais il occupe une position toujours identique ; il est perpendiculaire à la diagonale AA' du cube que nous considérions tout à l'heure. Perpendiculaire à cette ligne, qui est en quelque sorte l'axe de l'angle trièdre A, que forment les trois faces ABC, ACD, ABD que nous venons d'indiquer, ce plan est également incliné sur chacune de ces faces, qui dès lors se trouveront avoir pour projections trois parallélogrammes ou losanges égaux. Aucune face, il est vrai, n'aura plus conservé sa forme, mais l'œil est évidemment satisfait, et les trois arêtes du cube, étant égales dans la représentation, se trouvent être une réduction à la même échelle des trois arêtes du cube dans l'espace, et cette échelle encore pourra s'appliquer dans les trois directions principales, lorsque le solide à considérer n'est plus un cube, mais une parallélipipède rectangle quelconque. Cette représentation affectera d'ailleurs absolument l'apparence que l'objet réel offrirait à l'œil placé sur la diagonale à une distance infinie : dans ces conditions, ce serait une vue parfaitement vraie.

« Les trois parallélogrammes A E, A c, A f étant égaux, les trois angles en A le sont également, et chacun d'eux comprenant le tiers d'une circonférence entière, ou du 360°, leur mesure commune est de 120° ; il en résulte un moyen simple de tracer immédiatement et sans effectuer de mesure d'angles les trois axes isométriques à partir du point A. Il suffira de décrire d'un point A une circonférence quelconque, d'inscrire dans cette circonférence un hexagone régulier (on sait que le côté de cet hexagone est égal au rayon), ce qui donne les points de division à l'aide desquels les directions de toutes les lignes isométriques sont immédiatement données. Si l'arête A g a en réalité $0^m,40$ de longueur, et si l'on veut pouvoir se servir, par exemple, de l'échelle de 5 centimètres pour mètre, on prendra A $g = 0^m,40 \times 0,05 = 0^m,02$; si l'arête A c dans la réalité est de 0,30 ; on fera à la même échelle A $c = 0^m,30 \times 0,05 = 0^m,015$, et ainsi de suite pour toutes les distances qui, dans un même dessin et à une même échelle, seraient destinées à reproduire une quelconque des lignes tracées sur l'objet ou ses arêtes, pourvu qu'elle soit parallèle à une des trois autres arêtes du cube.

« Mais cet avantage, si grand qu'il soit, n'est pas le seul que présente la perspective isométrique, que l'on appellerait, avec plus de raison peut-être, projection isométrique : de ce que ce mode de figuration est une projection régulière sur un plan, il résulte que toute figure, de quelque forme qu'elle puisse être, étant tracée sur l'une quelconque des faces du parallélipipède isométrique, se trouvera projetée sur le dessin en une figure, en général peu semblable à elle-même, mais dont la surface sera avec la surface réelle dans un rapport toujours constant ; et comme l'œil saisit avec une précision extrême la grandeur des surfaces, tout dessin isométrique en donnant à chacun des éléments superficiels du solide originaire une valeur exactement en rapport avec la grandeur réelle, le lecteur sera à première vue frappé de cette précision, et y puisera immédiatement et sans effort une idée vraie des proportions relatives de ces éléments nombreux.

« Pour la commodité du langage, nous désignerons par différentes dénominations tous les plans parallèles aux différentes faces du parallélipipède isométrique, et les lignes parallèles à ses arêtes. La ligne AB et toutes les parallèles seront pour nous des lignes isométriques verticales ; les parallèles à AC et AD seront respectivement les lignes isométriques horizontales, de gauche ou de droite, ou simplement les isométriques de gauche, et les isométriques de droite : les mêmes notations rappelleront les plans, tous ceux parallèles aux faces du parallélipipède étant respectivement des plans isométriques horizontaux (AH), verticaux de gauche (AE), ou de droite (AF).

« Rien ne sera plus facile maintenant que d'exposer la pratique de ce mode de représentation. Une machine étant donnée par exemple, si on la considère comme placée dans une caisse que l'on représentera d'abord par ses arêtes isométriques, un point M (fig. 2) étant

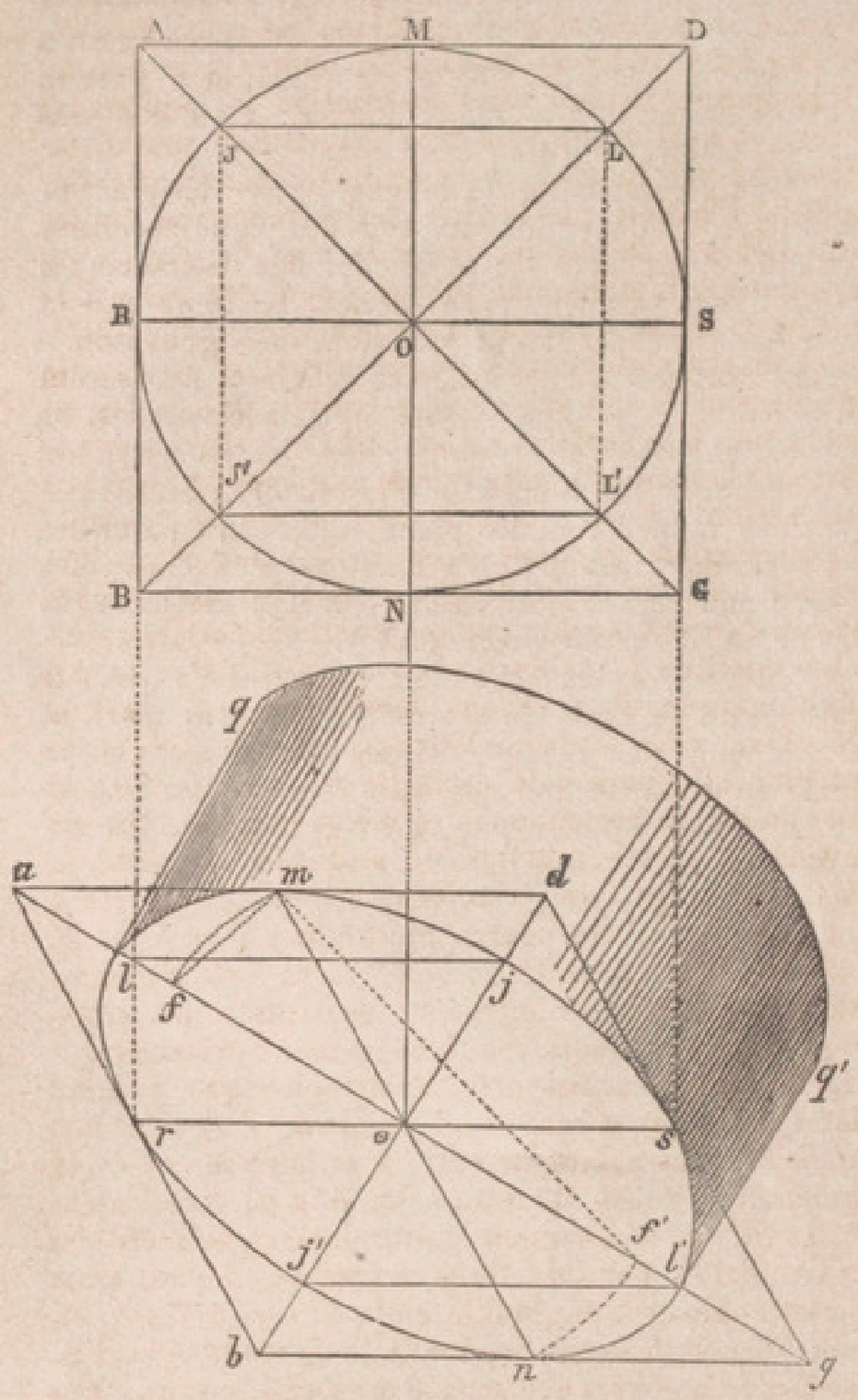


2.

donné de position dans cette caisse par sa distance aux trois plans isométriques, on déterminera tout d'abord dans quel plan isométrique horizontal il se trouve, en connaissant sa distance au plan supérieur de la caisse et en prenant A m égal à cette longueur, on mènera les isométriques mp, et mn, on prendra mp égal à la distance du point au plan isométrique de droite, mn égal à la distance du point au plan isométrique de gauche, et par la construction du parallélogramme mn M p, on trouvera en M la projection isométrique du point cherché. Si l'on compare sous le rapport de la grandeur la figure ainsi obtenue à l'objet réel, on voit de suite que son image n'est autre chose qu'une projection orthogonale exacte, amplifiée ensuite dans le rapport de 1 à $\sqrt{2}$: une ligne droite sera déterminée par deux de ses points, ou par un seul si l'on sait à l'avance qu'elle est une ligne isométrique ; une face plane résultant de l'intersection de plusieurs plans isométriques sera toujours représentée par un parallélogramme, dont les côtés sont des lignes isométriques et qu'il est dès lors facile de déterminer.

« Ces seules règles, pour peu qu'on les applique avec discernement, sont suffisantes pour éviter toutes difficultés dans la représentation des faces rectangula

« Soit, maintenant, un cercle de rayon OM (fig. 3), que nous supposerons appartenir à un plan isométrique de gauche, à représenter à l'aide de cette double trans-



3.

formation ; son rayon est r, la figure qu'il faut construire est donc la projection orthogonale d'un cercle plus grand, de rayon $R = r\sqrt{2}$. Traçons les deux diamètres M N et R S, l'un vertical et l'autre horizontal, puis construisons le carré circonscrit A B G D.

« D'après ce qui vient d'être dit, nous savons déjà que ce carré, s'il existait réellement dans le corps à représenter, serait figuré par le parallélogramme $a\,b\,g\,d$, dans lequel les côtés sont respectivement parallèles à ceux du carré isométrique, et qui affecte la disposition que nous avons reconnue une fois pour toutes au plan isométrique de gauche. Les deux diamètres M N et R S seront figurés en $m\,n$, $r\,s$, et le point O, centre du cercle primitif, qui se trouvait à la rencontre de ces deux diamètres se trouvera en o à la rencontre des isométriques qui représentent respectivement ces diamètres : les quatre points m, n, r, s, seront pour la même raison des points de la perspective isométrique du cercle, et comme nous savons *à priori* que la projection oblique d'un cercle est nécessairement une ellipse, le problème se réduit à construire une ellipse qui passe par ces quatre points et qui soit tangente en chacun d'eux aux lignes isométriques, comme la circonférence du cercle O était tangente aux côtés du carré circonscrit.

« La disposition symétrique des quatre points de contact par rapport aux deux droites $b\,d$ et $a\,g$ démontre d'abord que ces deux droites sont les axes de l'ellipse dont le point o est le centre. Ces deux lignes sont les projections des deux diagonales B D et A G du carré

primitif, et si nous considérons en particulier cette ligne B D, nous savons qu'en se projetant régulièrement sur un plan quelconque chaque élément linéaire de cette droite est modifié de la même manière dans sa longueur; de sorte que si O D est devenu $o\,d$, le rayon O L étant devenu $o\,j$, on aura la proportion

$$o\,j : \mathrm{OL} :: o\,d : \mathrm{OD}.$$

O L, c'est le rayon du cercle primitif ou r; O D, c'est la diagonale du carré circonscrit, ou $r\sqrt{2}$; $o\,d$, c'est un des côtés du triangle équilatéral $o\,d\,m$ (il est équilatéral, parce que chacun de ses angles est un angle isométrique de 60°), donc $o\,d = o\,m = r$, car $o\,m$ c'est la représentation isométrique de O M, qui n'a pas changé de valeur.

« Nous tirons de là :

$$o\,j = \mathrm{OL} \times \frac{o\,d}{\mathrm{OD}} = r \times \frac{r}{r\sqrt{2}} = \frac{r}{\sqrt{2}}$$

Le même raisonnement étant appliqué à $o\,a$, on trouve $o\,l : \mathrm{OJ} :: o\,a : \mathrm{OA}$.

O J et O A sont connus comme égaux respectivement à O L et à O D; $o\,a$, c'est le côté du triangle rectangle $a\,o\,d$, dans lequel $o\,a^2 = a\,d^2 - o\,d^2 = 4r_2 - r^2$ car $a\,d = \mathrm{AD} = 2r$, d'où $o\,a = r\sqrt{3}$ et enfin

$$o\,l = r \times r\sqrt{3} : \frac{r}{\sqrt{2}} = r\sqrt{\frac{3}{2}}.$$

« Telles sont les valeurs des deux demi-axes de l'ellipse isométrique, et il en résulte que les trois demi diamètres $o\,j$, $o\,m$, $o\,l$, sont entre eux comme les quantités

$$\frac{r}{\sqrt{2}}, r, r\sqrt{\frac{3}{2}}.$$

ou comme les trois nombres 1, $\sqrt{2}$, et $\sqrt{3}$, environ comme 28 : 40 : 49.

« Nous ne serions pas entrés dans tous ces détails sur l'ellipse isométrique si elle ne se présentait toujours la même pour tous les cercles contenus dans les trois plans, tantôt plus grande, tantôt plus petite, mais toujours semblable à elle-même, la proportion entre les trois diamètres que nous venons d'étudier restant constante.

« Voici, au reste, comment on arrive graphiquement à la construire.

« L'excentricité dans une ellipse, ou la distance du centre au foyer, est exprimée par $\sqrt{a^2 - b^2}$, a et b étant les deux demi-axes. Cette distance est donc ici, en mettant pour ces axes les valeurs que nous venons de trouver,

$$\sqrt{o\,l^2 - o\,j^2} = \sqrt{r^2\frac{3}{2} - r^2\frac{1}{2}} = r,$$

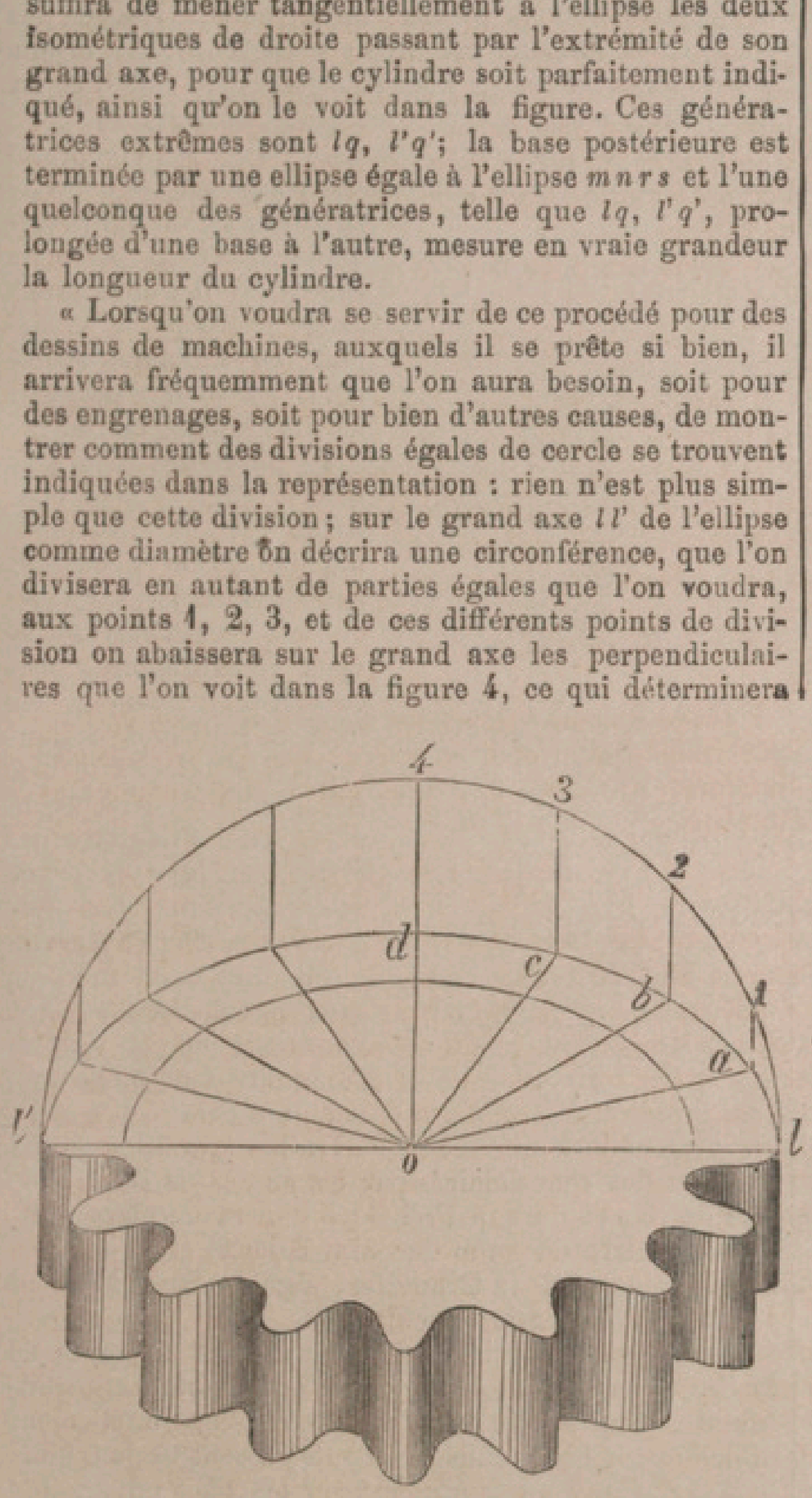
c'est-à-dire que l'excentricité est égale au rayon $o\,m$ et qu'on obtiendra les deux foyers f et f' en décrivant du point o comme centre les deux arcs $m\,f$ et $n\,f'$; les foyers étant connus, on déterminera autant de points de l'ellipse que l'on voudra; on connaîtra immédiatement la longueur du grand axe, qui sera $m\,f + m\,f'$; les extrémités l et l' de cet axe étant ainsi déterminées, les extrémités j et j' du petit axe s'obtiendront par les isométriques $l\,j$ et $l'\,j'$, car L J et L' J' sont parallèles à R S dans le cercle dont l'ellipse est la projection.

« Ces huit points de la courbe étant déterminés, savoir : les quatre extrémités des axes et les quatre points de tangence en m, n, r, s, suffiront presque toujours pour la tracer, et ce ne sera que dans le cas de dimensions très grandes qu'il sera nécessaire, à l'aide des foyers, de déterminer un plus grand nombre de points intermédiaires, au moyen de cette propriété que la somme des rayons vecteurs pour chaque point est égale à la longueur du grand axe, ou bien encore en consi-

dérant l'ellipse comme un aplatissement de la circonférence décrite sur *ll'* comme diamètre.

« L'ellipse isométrique étant tracée, on voit de suite comment doit être figuré le cylindre auquel appartient cette base, car s'il s'agit de l'ellipse isométrique du plan de gauche comme celle que nous venons d'examiner, les génératrices perpendiculaires à son plan seront nécessairement des isométriques de droite, et il suffira de mener tangentiellement à l'ellipse les deux isométriques de droite passant par l'extrémité de son grand axe, pour que le cylindre soit parfaitement indiqué, ainsi qu'on le voit dans la figure. Ces génératrices extrêmes sont *lq*, *l'q'*; la base postérieure est terminée par une ellipse égale à l'ellipse *mnrs* et l'une quelconque des génératrices, telle que *lq*, *l'q'*, prolongée d'une base à l'autre, mesure en vraie grandeur la longueur du cylindre.

« Lorsqu'on voudra se servir de ce procédé pour des dessins de machines, auxquels il se prête si bien, il arrivera fréquemment que l'on aura besoin, soit pour des engrenages, soit pour bien d'autres causes, de montrer comment des divisions égales de cercle se trouvent indiquées dans la représentation : rien n'est plus simple que cette division ; sur le grand axe *ll'* de l'ellipse comme diamètre on décrira une circonférence, que l'on divisera en autant de parties égales que l'on voudra, aux points 1, 2, 3, et de ces différents points de division on abaissera sur le grand axe les perpendiculaires que l'on voit dans la figure 4, ce qui déterminera



4.

les points de division correspondants de l'ellipse. Cette représentation ne saurait offrir aucune difficulté ; les lignes *oa*, *ob*, *oc*, tracées une fois pour toutes sur un rapporteur pourront servir dans tous les cas semblables et s'emploieront à la manière des rapporteurs de corne qui servent à mesurer les angles ; les différents angles, au centre de notre figure, sont toutes les valeurs que prend, dans les différentes positions, l'angle de 22°,5, qui correspond à une denture de seize dents.

« Il est sans doute inutile d'ajouter que les lignes, droites ou courbes, qui n'occupent pas, dans un plan d'ensemble, la position des lignes isométriques, se trouveraient comme dans la perspective cavalière ; que, quant aux distances des longueurs non contenues dans les plans isométriques, dont on voudrait mesurer la longueur à l'aide du dessin, il faudrait se servir d'une échelle variable, chacune de ces distances étant modifiée dans sa longueur comme le sont les différents diamètres des cercles isométriques ; qu'enfin, ce mode de représentation se prête, pour les détails intérieurs, comme les projections orthogonales, à la méthode des coupes. »

PESANTEUR. Tous les corps s'attirent entre eux en raison directe de leur *masse*, c'est-à-dire de la quantité de matière qu'ils renferment, et en raison inverse du carré de la distance : ce principe est celui de l'*attraction* ou *gravitation universelle*, dont Képler découvrit le premier les lois par l'observation des orbites des astres, et qui furent plus tard démontrées mathématiquement par Newton et expérimentalement par Cavendish. L'action que le globe terrestre exerce sur les corps situés à sa surface porte le nom de *gravité* ou de *pesanteur*. L'attraction qu'une sphère composée d'éléments de même densité ou d'éléments de densités différentes disposés par couches concentriques, ce qui est sensiblement le cas du globe terrestre, exerce sur les corps situés à sa surface, est la même que si l'on supposait toute la masse de cette sphère réunie en son centre : cette action est donc dirigée vers ce centre, c'est-à-dire perpendiculairement à la surface des eaux dormantes. L'action de la pesanteur tend à faire tomber les corps, et exerce sur eux une action dont la résultante constitue le poids de ces corps. Il résulte des définitions que nous venons de donner que, dans le même lieu, sous le même volume, les poids des corps sont proportionnels à la quantité de matière ou à la *masse* qu'ils renferment sous le même volume. On est convenu d'appeler DENSITÉ ou *pesanteur spécifique* le poids d'un corps, sous l'unité de volume, rapporté à l'unité de poids. On pourra alors poser $P = D \times V$, P étant le poids sous le volume V, et D la densité : cette équation permet de trouver les densités des corps, lorsqu'on connaît leurs volumes, et réciproquement.

La terre n'étant pas parfaitement sphérique, et étant aplatie aux pôles et renflée à l'équateur, il s'ensuit que l'intensité de la pesanteur varie à sa surface, et va en augmentant de l'équateur au pôle. Soit g, cette intensité, la loi du mouvement uniformément accéléré des corps sollicités par une force constante, donne, pour l'espace e parcouru pendant le temps t : $e = 1/2\, gt^2$; et, si nous prenons la seconde pour unité de temps, $g = 2E$, c'est-à-dire le double de l'espace parcouru, par un corps tombant dans le vide, pendant la première seconde de sa chute. On calcule plus aisément g au moyen de la formule $g = \pi^2\, l : l$, étant la longueur du pendule simple, qui fait exactement une oscillation par seconde ; à Paris, $g = 9{,}8088$, ou plus simplement 9,81.

Soit m, la masse d'un corps, sous l'unité de volume ; sous le volume V, sa masse $M = m\,V$, et son poids $P = m\,g\,V$.

PESANTEUR SPÉCIFIQUE. Voyez DENSITÉ.

PÈSE-ACIDES. Voyez ARÉOMÈTRE.

PÈSE-LIQUEURS. Voyez ARÉOMÈTRE.

PÈSE-SELS. Voyez ARÉOMÈTRE.

PESON. Voyez DYNAMOMÈTRE.

PETIT-LAIT. Voyez FROMAGE et LAIT.

PÉTRIN. Voyez PAIN.

PÉTROLE. Voyez HYDROCARBURES.

PHARE. Les phares sont des foyers lumineux placés ordinairement au sommet des tours élevées, et destinés à indiquer pendant la nuit les points remarquables des côtes, les écueils, l'embouchure des fleuves ou l'entrée des ports.

L'emploi de lumières pour guider les navigateurs pendant la nuit remonte à une haute antiquité. Le fanal élevé sur l'île de Pharos par le Gnidien Sostrate, sous le règne de Ptolémée Philadelphe, l'an 470 de la fondation de Rome, passa longtemps pour une merveille. Les Romains employèrent aussi ces appareils, et l'on voyait même encore en 1643 le phare qu'ils avaient élevé à Boulogne pour diriger les navires qui traversaient la Manche.

Les phares de France forment en système d'éclai-

rage en grande partie terminé, et déjà le plus complet de l'Europe entière. Nos côtes se garnissent chaque soir d'une ceinture lumineuse pour indiquer aux navires leur véritable position, et leur permettre de se diriger vers les ports qu'ils doivent atteindre.

Les phares étaient autrefois éclairés par des feux de bois ou de charbon de terre, que l'on entretenait soigneusement pendant toute la nuit. Le célèbre Borda remplaça cet éclairage imparfait par des lampes à réflecteurs ; c'était le premier pas dans la voie des perfectionnements réalisés depuis cette époque. Les lampes à double courant d'air d'Ami-Argant furent ensuite appliquées à l'éclairage des phares ; et des miroirs paraboliques, soigneusement exécutés, substitués aux simples réflecteurs. Tels étaient les moyens d'éclairage employés pour les phares, lorsque M. Augustin Fresnel parvint, en 1819, à faire établir ces beaux appareils dioptriques, à lentilles annulaires, que nous donnons plus loin avec détails.

Les phares de France sont partagés en quatre classes de grandeurs et de portées différentes :

Les phares de premier ordre, espacés en général de 14 lieues marines les uns des autres, servent à reconnaître les parages, et, pour les bâtiments qui viennent du large, à corriger l'*estime ;*

Les phares de deuxième et de troisième ordre indiquent les écueils, les baies et les rades foraines ;

Enfin, les phares de quatrième ordre signalent les passes, l'embouchure des fleuves et l'entrée des ports.

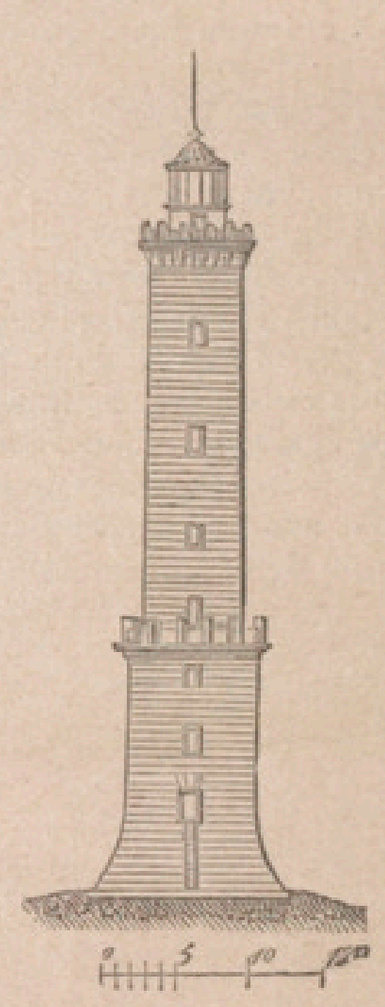
Chacun des feux distribués sur les côtes ayant à faire reconnaître le lieu qu'il éclaire, doit offrir un caractère distinctif qui ne permette pas de le confondre avec d'autres. Comme les grands phares sont ordinairement situés à 7 lieues marines au moins les uns des autres, il s'ensuit qu'avec un très petit nombre d'espèces différentes, deux feux semblables sont toujours séparés l'un de l'autre par une distance plus grande que l'erreur dans laquelle peut être un bâtiment sur sa véritable route, ce qui ne permet aucune confusion à cet égard. Le petit nombre de moyens que nous allons indiquer, suffit donc pour établir la distinction des feux

Quelques phares sont à feu fixe et éclairent constamment tous les points de l'horizon, mais le plus grand nombre sont à éclipses. La durée relative de l'éclipse et de l'éclat varie avec la distance de l'observateur, mais le temps qui sépare une éclipse de la suivante est constant, et fournit le caractère distinctif du feu. D'autres phares, enfin, offrent un feu fixe varié par des éclats périodiques très brillants, ce qui fournit un troisième moyen de distinction. On a construit quelques lanternes des phares de quatrième ordre en verres de couleur, espérant obtenir ainsi un nouveau moyen de caractériser les feux ; mais ces verres absorbent beaucoup de lumière, et certains états de l'atmosphère peuvent modifier singulièrement la teinte qu'ils présentent habituellement, et même faire paraître colorés des feux blancs, ce qui pourrait entraîner dans les erreurs les plus funestes.

Les côtes de France présentent, sous le rapport géologique, une symétrie remarquable : à droite et à gauche du grand massif primitif de la Bretagne, nous rencontrons d'abord les côtes escarpées et garnies de falaises calcaires, qui s'étendent depuis Barfleur, à l'extrémité du Cotentin, jusqu'à Eu, d'une part, et de l'autre, depuis les sables d'Olonne, à l'extrémité de la Vendée, jusqu'à l'embouchure de la Gironde. Des côtes plates et sablonneuses succèdent aux falaises ; elles s'étendent, d'un côté, depuis l'embouchure de la Gironde jusqu'à Bayonne, et, de l'autre, depuis Eu jusqu'à Dunkerque, excepté à Boulogne, où reparaissent quelques falaises.

Les terrains primitifs forment des côtes dentelées et garnies d'écueils, qui s'étendent souvent à plusieurs lieues en mer et rendent leurs abords on ne peut plus difficiles, mais ils présentent en même temps beaucoup de criques, de petits havres et de ports ; ce sont les côtes les plus fréquentées et en même temps les plus dangereuses ; ce sont celles qui doivent offrir le plus grand nombre de phares. Les côtes à falaises offrent en général des mouillages faciles et de grandes profondeurs d'eau jusqu'au pied des terres. Les côtes sablonneuses et unies formées par les alluvions, présentent des bancs et des hauts-fonds presque aussi redoutables que les écueils des terrains primitifs ; mais n'offrant presque pas de lieux de refuge elles sont peu fréquentées, et les accidents y sont par conséquent moins à craindre.

D'après ce que nous venons de dire, on comprend que la plupart de nos phares sont placés sur les côtes de Bretagne ; c'est par conséquent dans cette partie de la France que nous prendrons notre point de départ, en signalant seulement les phares français les plus remarquables.



1999

Le phare des Héaux de Bréhat (fig. 1999), construit par M. Reynaud, ingénieur en chef des ponts et chaussées, auquel on doit tant d'autres travaux remarquables, peut être cité comme un modèle pour les édifices de ce genre. Les besoins du service y sont admirablement conciliés avec l'élégance des formes et la convenance des proportions. Les magasins, le logement des gardiens et la chambre de quart, sont disposés dans l'intérieur de la tour et communiquent entre eux par un escalier.

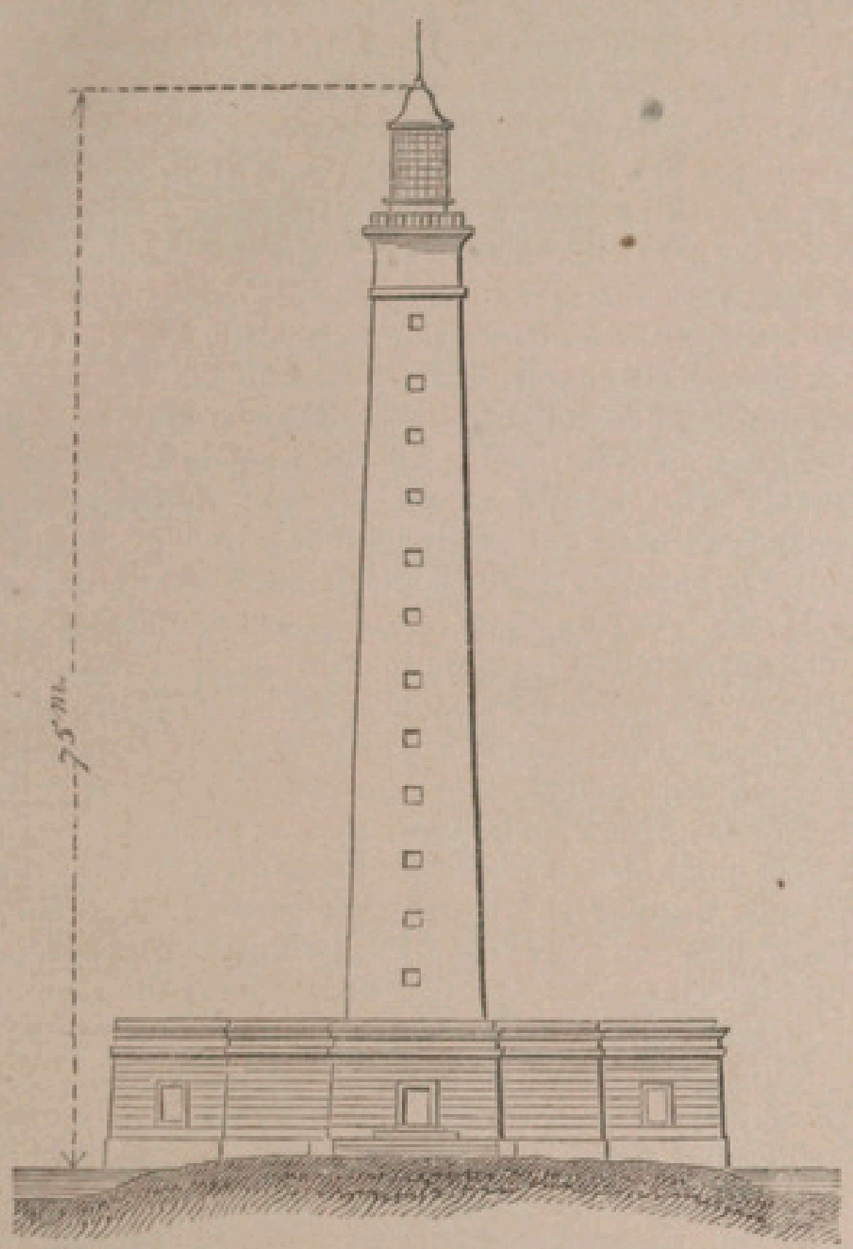
Les parages si dangereux des sept îles sont éclairés par les phares de Bréhat, de l'île de Bas et du cap Fréhel ; les deux derniers indiquent l'entrée du golfe de Saint-Brieux, et le dernier, combiné à celui de Granville, signale Saint-Malo et l'entrée de la baie de Cancale.

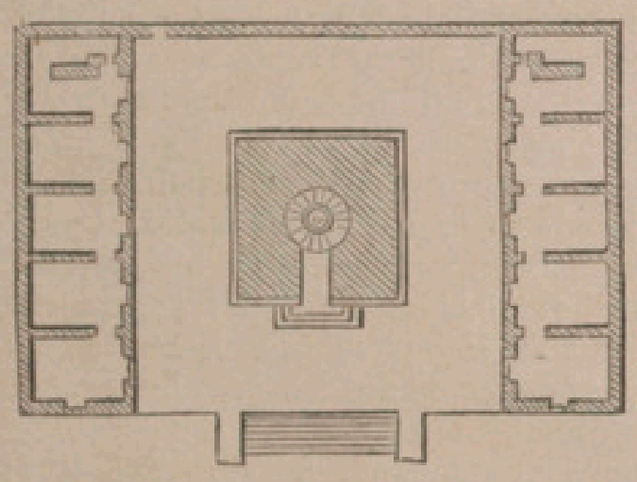
La navigation, aidée entre Granville et la pointe de la Hague par un feu à éclipses de demi-minute en demi-minute, placé sur le cap Certenet, est encore tellement difficile, que les grands bâtiments passent toujours au-delà d'Aurigny en se guidant sur les trois phares anglais des Casquets, qui forment une espèce de constellation facile à reconnaître.

Le phare de Barfleur (fig. 2000), élevé il y a quelques années à la pointe du Cotentin, pour remplacer un phare peu élevé, mais d'une construction élégante, qui existe encore à côté, est un des beaux monuments des ports de la Manche. Son exécution matérielle est des plus remarquables ; malheureusement la forme carrée du soubassement de la tour ne paraît pas bien justifiée, et ne produit pas un effet aussi heureux qu'on pourrait le désirer. Les magasins et les logements sont distribués, comme l'indique le plan, dans des bâtiments rectangulaires élevés autour de l'édifice principal ; l'escalier est ménagé dans l'espace annulaire compris entre les parois de la tour et la surface extérieure d'un noyau vide élevé au centre de la colonne.

Le Havre est indiqué par les deux phares du cap de la Hève, situés seulement à 100 mètres l'un de l'autre. L'entrée du port et l'embouchure de la Seine sont d'ailleurs garnis d'une série de petits feux, qui dirigent les navires dans ces parages assez difficiles. Les phares de

la Hève, construits il y a déjà fort longtemps, ont été restaurés dans ces derniers temps et produisent aujourd'hui un effet assez satisfaisant, dont la fig. 2001, qui représente un de ces édifices, peut donner une idée.





2000.

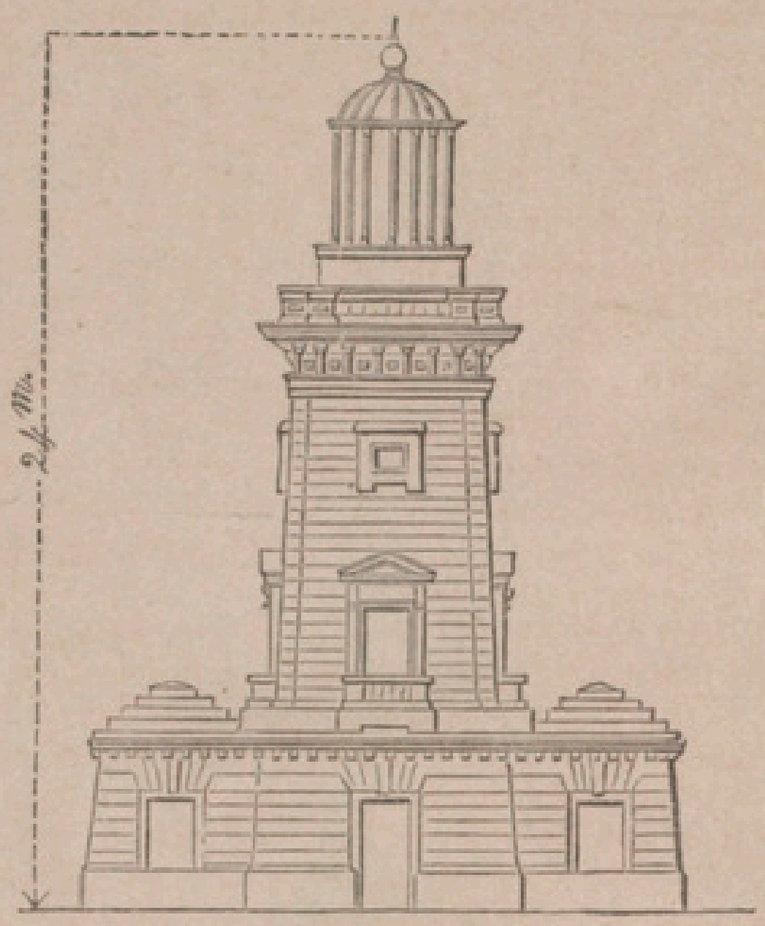
Dieppe, Saint-Valery, Boulogne et Dunkerque, possèdent aussi des phares qui complètent de ce côté l'éclairage de nos côtes.

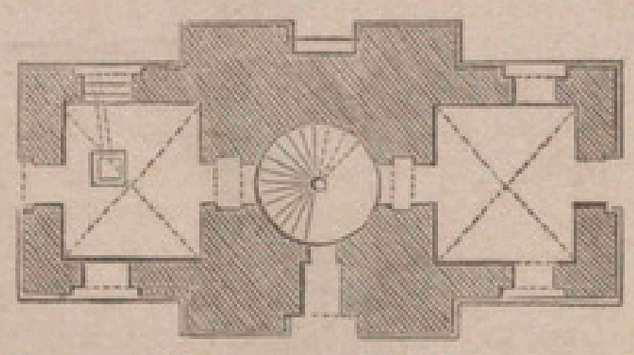
Revenons maintenant à notre point de départ, la pointe de la Bretagne, et citons seulement, en passant, les phares si remarquables de Belle-Ile-en-Mer, du Four, de Noirmoutier, des Sables, de Cordouan, à l'embouchure de la Gironde, d'Arcachon et de Bayonne.

La fig. 2002 est un croquis du phare anglais de Jersey, dont l'aspect pittoresque nous a toujours frappé.

Quant aux côtes de la Méditerranée, formées d'anciennes alluvions dans la plus grande partie de leur étendue, elles ne présentent que des surfaces unies et régulières, depuis les dernières ramifications des Pyrénées à Port-Vendres, jusqu'à Marseille, où reparaissent les roches abruptes qui se prolongent jusqu'à Antibes. Elles offrent par conséquent un assez petit nombre de mouillages, et par suite un système très simple d'éclairage. Six phares principaux suffisent pour signaler les points les plus importants : le premier est sur les îles d'Hyères ; le second, le phare du Planier, signale Marseille, notre grand port de commerce; et le troisième, élevé à l'extrémité de la Camargue, indique les bouches du Rhône, tandis que le phare placé vis-à-vis d'Aigues-Mortes, celui du mont d'Agde, et enfin celui du cap Béarn, permettent de reconnaître les points principaux du vaste golfe de Lyon.

La construction des phares exige toujours beaucoup de soin, et présente dans quelques circonstances les difficultés les plus sérieuses. L'élévation considérable de





2001.

ces édifices rend indispensable l'emploi de matériaux choisis et appareillés avec la plus grande perfection. On peut consulter sur la stabilité de ces monuments et sur celle des hautes cheminées un mémoire intéressant publié dans les *Annales des Ponts et Chaussées*, par M. Fresnel.

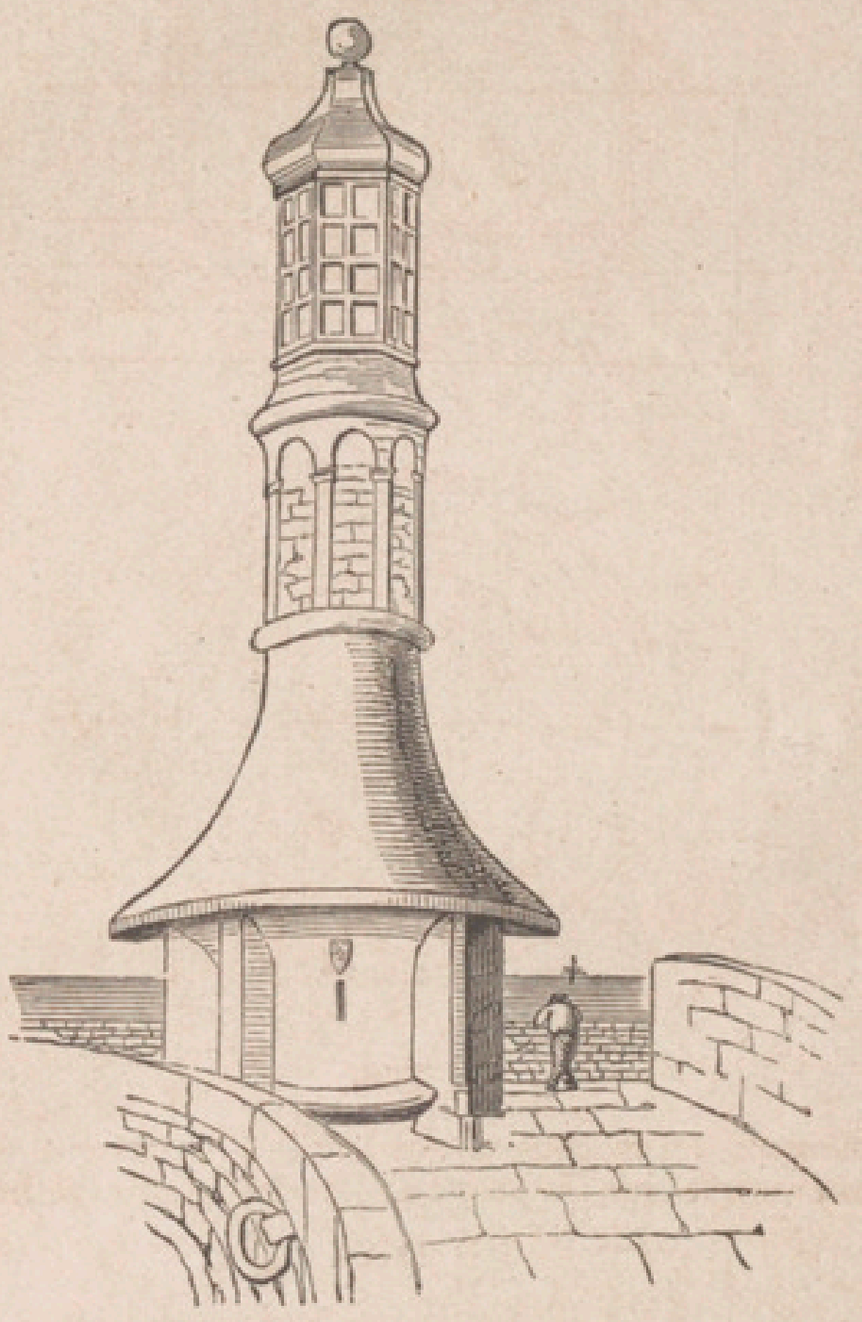
L'emploi, dans la construction d'un phare, d'un échafaudage fixe, partant du sol et s'élevant à la hauteur de l'édifice, serait en général fort coûteux, à cause de la force considérable qu'il faudrait lui donner pour résister aux vents violents qui règnent sur les côtes. On emploie donc ordinairement un échafaudage volant, très léger, qui s'élève avec la tour elle-même.

Le montage des matériaux mérite aussi, dans ce genre de construction, de fixer sérieusement l'attention. Quand le centre de la tour est évidé, on fait ordinairement monter les pierres par cette ouverture au moyen d'un treuil placé au sommet. M. Morice Larue, qui a dirigé avec un si grand talent la construction des phares de la Hague et de Barfleur, employait à ce dernier un moyen fort économique pour élever les pierres les chevaux qui venaient apporter les pierres étaient attelés, en retournant en chercher de nouvelles, à la corde même qui élevait celles qu'ils venaient d'apporter; de sorte que tout leur temps se trouvait utilement employé.

Quand le phare en construction ne présente pas de vide continu dans son intérieur, on dispose sur l'échafaudage une petite grue tournante et à volée mobile, qui

enlève les pierres et vient les déposer à la place qu'elles doivent occuper, ce qui facilite et accélère beaucoup le travail des maçons poseurs.

Les phares sont souvent établis sur des rochers isolés qui ne sont découverts que pendant les basses mers extraordinaires. Les difficultés de construction sont alors de toutes sortes. L'ingénieur, obligé de veiller à la fois à la bonne exécution du travail dont il est chargé et à la sûreté des ouvriers qui lui sont confiés, a besoin d'une grande activité et d'un dévouement sans bornes. Un



2002.

travail de cette nature convenablement dirigé suffit pour assurer la réputation d'un constructeur. C'est un des postes les plus dignes d'envie.

On amène ordinairement, pendant que la mer est encore haute, les ouvriers et les matériaux nécessaires, et on s'empresse de profiter de la basse mer pour poser les premières assises ; dès que le phare est élevé au-dessus des hautes mers, on doit y travailler d'une manière continue, si le temps est calme, et pousser le travail avec la plus grande activité possible, les avaries devenant d'autant moins à craindre que la maçonnerie est plus avancée.

L'emploi de pontons pour disposer les matériaux et recevoir les ouvriers présente du danger et de grandes difficultés. L'irrégularité inévitable des arrivages retarde le travail et devient ainsi quelquefois la cause indirecte des avaries les plus graves. Nous pensons, par conséquent, que toutes les fois qu'il est possible d'établir, sur le rocher où l'on doit construire, un enrochement solide, formant une espèce d'île artificielle sur laquelle on peut ensuite déposer en sûreté les matériaux et les ouvriers, il convient de suivre cette marche. Les dépenses de premier établissement seront, en général, plus que compensées par la régularité du travail et les économies de transport, de bardage, etc. D'ailleurs, on doit surtout s'attacher, dans les travaux à la mer, à éviter les accidents et les avaries dont une seule suffit quelquefois pour augmenter d'un tiers ou d'un quart les dépenses prévues.

Nous citerons, parmi les phares construits sur des rochers isolés, le phare du Four, situé à deux lieues en mer, vis-à-vis le Croisic (Loire-Inférieure), le célèbre phare d'Edystone élevé par Smeaton, ingénieur anglais, et dont le dessin a été si souvent reproduit que nous n'avons pas cru nécessaire de le donner ici, le phare de la Pointe de la Hague, etc. On trouvera d'ailleurs les détails les plus intéressants sur la construction des phares dans les mémoires insérés par MM. Larue et Potel dans les *Annales des Ponts et Chaussées* de 1834 et 1835.

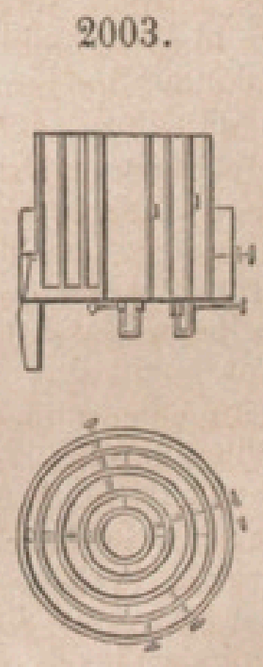
Éclairage des phares. Nous avons dit qu'autrefois les becs des lampes étaient placés au foyer de miroirs paraboliques en métal poli. La lumière de la lampe se trouvait ainsi réunie en un faisceau cylindrique de rayons parallèles qui se projetaient à une grande distance. On obtenait les feux fixes en réunissant un nombre de miroirs assez grands pour diriger des faisceaux de lumière dans toutes les directions de l'horizon à éclaircir.

Lemoyne, qui avait compris, dès 1782, l'importance des éclipses, comme moyen de distinguer les phares, les produisait au moyen d'écrans qui passaient périodiquement devant les lampes. Peu de temps après, un Suédois eut l'idée d'imprimer un mouvement de rotation aux miroirs eux-mêmes, de sorte que le même faisceau lumineux était constamment utilisé, en parcourant successivement les différents points de l'horizon.

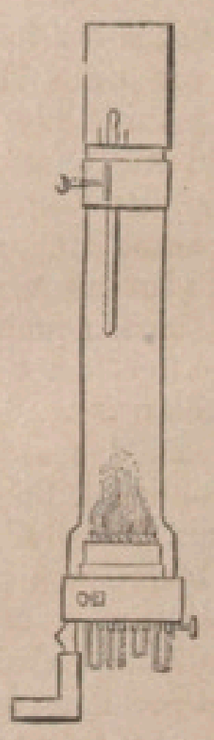
Les miroirs métalliques absorbent toujours au moins la moitié de la lumière incidente, leur exécution est très délicate, leur entretien fort difficile et leur poids considérable, aussi sont-ils aujourd'hui complétement abandonnés. Il n'en existe plus que dans un ou deux phares, où ils seront même bientôt remplacés par les appareils lenticulaires dont nous allons expliquer la construction et le mode d'éclairage.

Occupons-nous d'abord des *lampes* employées dans les appareils dioptriques. Pour arriver au résultat le plus avantageux, la flamme doit présenter le plus vif éclat sous le plus petit volume possible, afin que toutes ses parties soient peu éloignées du point mathématique qui constitue le foyer des lentilles. MM. Arago et Aug. Fresnel ont obtenu ce résultat au moyen de lampes à double courant d'air et à mèches concentriques. Les fig. 2003 et 2004 indiquent la construction d'un bec à quatre mèches pour phare de premier ordre. Ce bec reçoit constamment un excès d'huile, au moyen de petites pompes, analogues à celles des lampes dites Carcel, mises en jeu par un mouvement d'horlogerie.

2003.



2004



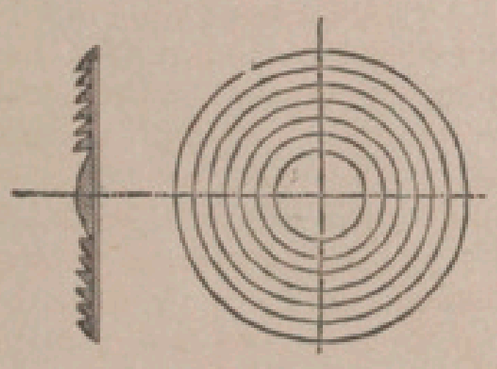
2005

Les mèches sont enveloppées d'une forte cheminée en verre (fig. 2005), surmontée d'un tuyau en tôle que l'on peut allonger ou raccourcir pour régler le tirage et

ui porte en outre une espèce de clef de poêle destinée u même objet.

Le gardien placé dans la chambre de quart au-dessous de la lanterne est averti par un mécanisme fort simple des dérangements qui pourraient arriver à la lampe. L'excès de l'huile amenée aux mèches retombe dans un petit vase percé d'une ouverture à peine suffisante pour lui donner issue, de sorte que ce petit vase est toujours rempli d'huile le temps que les lampes fonctionnent bien ; mais si elles se dérangent, la quantité d'huile amenée est moins considérable, le petit vase se vide peu à peu, son poids diminue, et bientôt il peut être soulevé par un contre-poids fixé à l'autre extrémité du levier qui le supporte. Ce mouvement dégage l'échappement d'une sonnette qui s'agite alors violemment pour prévenir de l'accident. Il y a toujours dans le phare une lampe préparée pour remplacer en quelques instants celle qui viendrait à se déranger. Une instruction détaillée, rédigée par les soins de l'administration, enseigne aux agents chargés de l'entretien et de la surveillance des phares toutes les précautions à prendre pour le nettoyage des appareils, le centrage des mèches et autres détails dans lesquels nous ne pouvons entrer ici.

Occupons-nous à présent des appareils lenticulaires qui utilisent la lumière des lampes que nous venons de décrire. On sait qu'en plaçant au foyer principal d'un verre lenticulaire un point lumineux, on produit derrière la lentille un faisceau cylindrique de rayons parallèles qui peuvent se transmettre à de grandes distances. Tel est le principe fondamental des appareils dioptriques ; mais quand on avait voulu l'appliquer, on avait rencontré des difficultés d'exécution qui paraissaient insurmontables. La fabrication de lentilles d'une assez grande dimension était presque impossible ; leur poids eût été énorme et leur épaisseur au centre tellement considérable qu'elles auraient absorbé la plus grande partie de la lumière. Fresnel a fait disparaître toutes ces difficultés en employant des lentilles *à échelons* (figures 2006 et 2007) composées d'un verre central de forme ordinaire entouré d'une série d'anneaux de peu d'épaisseur dont le profil est tel qu'ils ont tous le même foyer principal. Ces différentes pièces de verre ainsi réunies produisent donc l'effet d'une lentille dont on aurait enlevé toute la matière inutile. Les lentilles de cette espèce absorbent à peine 1/20 de la lumière incidente, sont d'une exécution facile, puisqu'elles n'exigent que l'emploi de masses peu considérables que l'on peut travailler séparément, et enfin leur entretien est on ne peut plus simple. Buffon avait eu déjà l'idée de lentilles annulaires, mais il n'avait pu les exécuter. Tout l'honneur de cette invention revient à M. A. Fresnel, qui, du reste, n'avait pas connaissance des travaux de Buffon sur ce sujet.



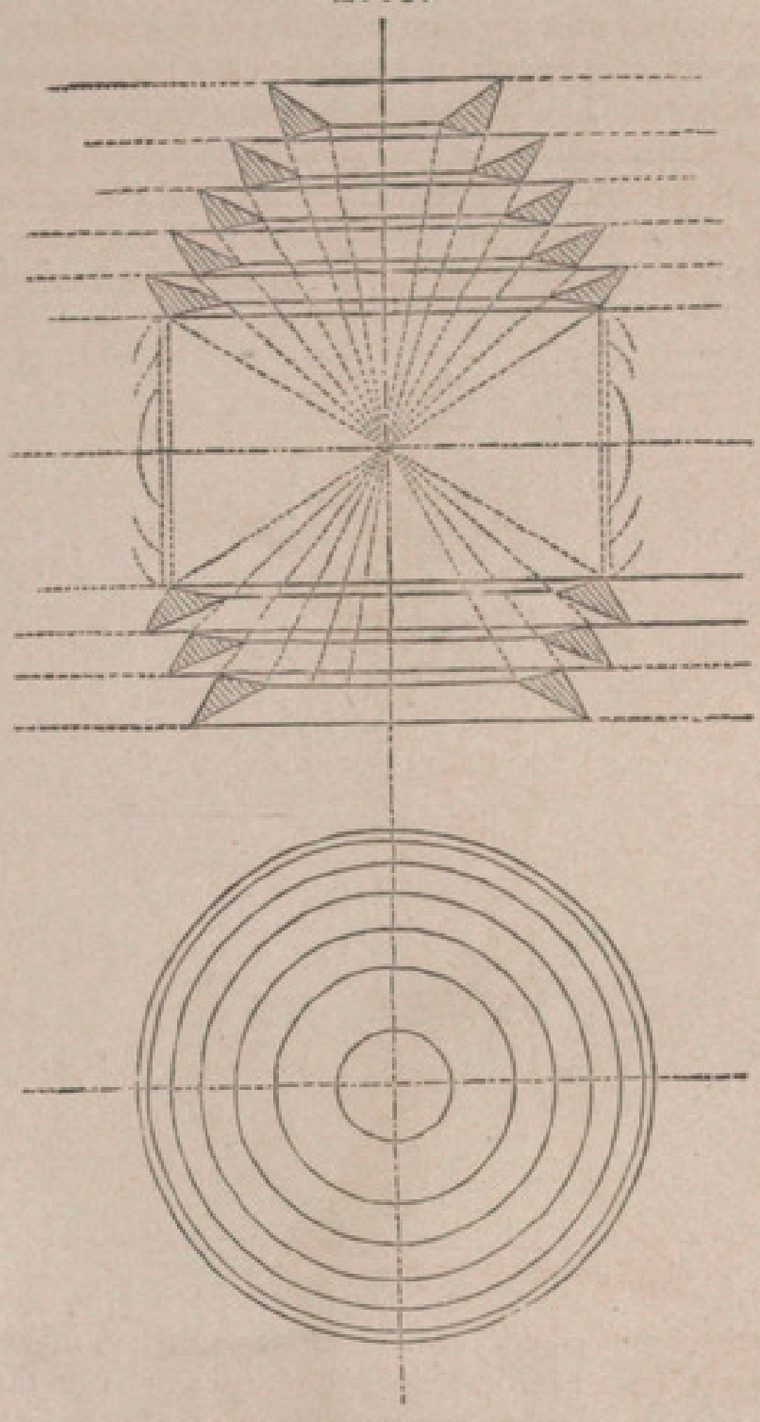
2007. 2006.

Voyons maintenant comment l'ingénieuse idée des lentilles à échelons se prête à tous les besoins de l'éclairage des phares. Pour obtenir les feux fixes, on forme un tambour annulaire engendré par la révolution du profil (fig. 2007), non plus autour d'une ligne perpendiculaire à sa surface et passant par son centre, comme pour les lentilles, mais bien autour d'une droite verticale passant par le foyer principal du profil. On forme ainsi le tambour à feu fixe, représenté en coupe et en plan par les fig. 2008 et 2009, avec ses zônes dioptriques sur lesquelles nous reviendrons plus loin.

Les feux à éclipses sont produits par la rotation d'un tambour octogonal (fig. 2010 et 2011) formé de huit

grandes lentilles à échelons analogues à celle représentée fig. 2006 et 2007. Les faisceaux lumineux qui

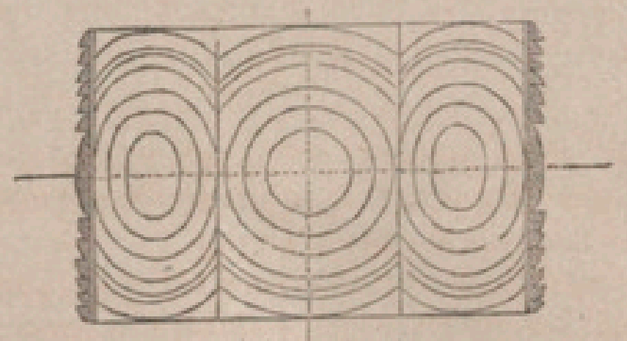
2008.

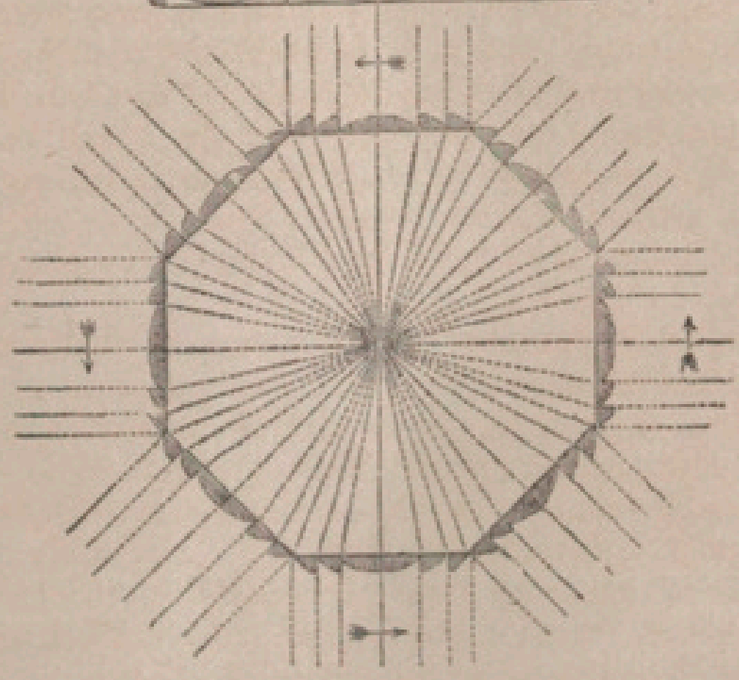


2009.

émergent de chacune de ces lentilles parcourent successivement tous les points de l'horizon qu'ils éclairent

2010.



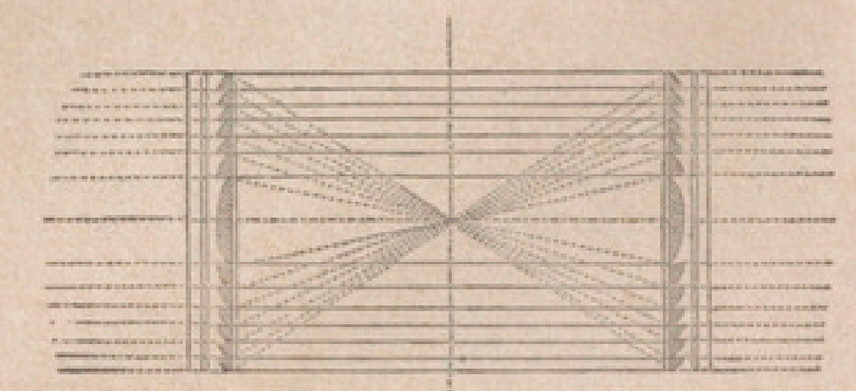


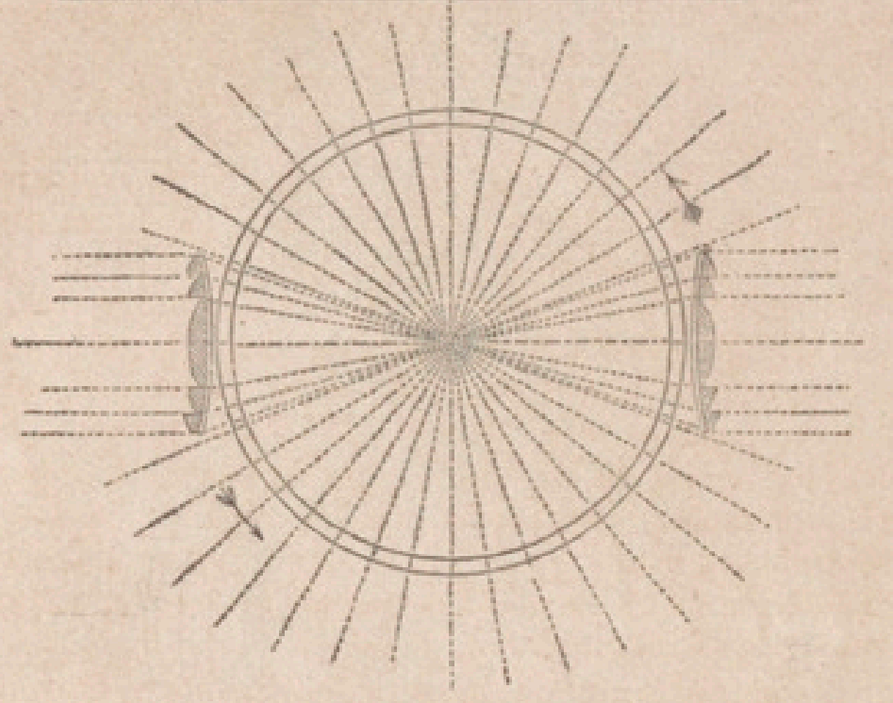
2011.

les uns après les autres. La vitesse de rotation du tambour détermine le temps qui sépare les différents éclats, ainsi, par exemple, quand il fait une révolution en huit minutes, on aperçoit un éclat par minute.

Les phares à feux variés par des éclats présentent une disposition un peu différente. Ils sont formés (figures 2012 et 2013) d'un tambour circulaire à feu fixe,

2012.

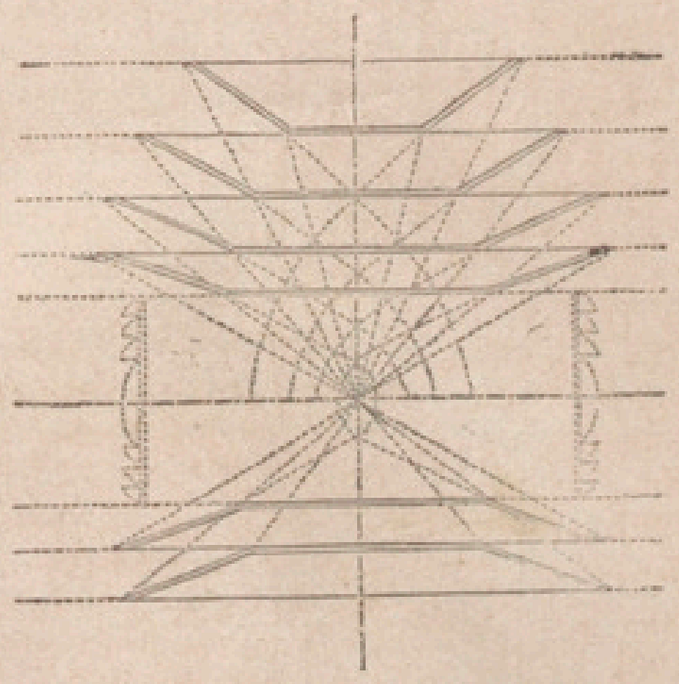




2013.

autour duquel tourne une lentille prismatique dont la figure indique la section droite. La lumière émise par la lampe et déjà réunie en nappe circulaire par le tambour à feu fixe se trouve de plus réunie en faisceau parallèle et produit ainsi un éclat passager plus vif que celui du feu fixe. Cet éclat est nécessairement précédé et suivi d'une petite éclipse dont la durée, comme celle de l'éclat lui même, dépend de la vitesse de rotation de la lentille prismatique autour du tambour fixe.

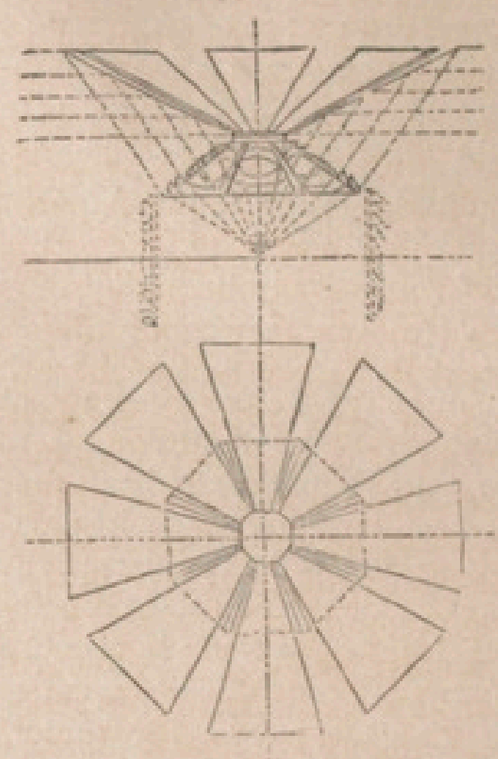
Les appareils tels que nous venons de les décrire n'utiliseraient que la partie de la lumière de la lampe



2014.

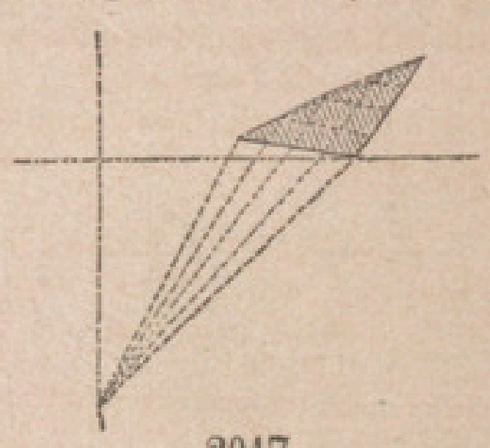
émise dans l'angle formé par les lignes partant du centre de la flamme et passant par les bords extérieurs des lentilles. Il faut encore utiliser la lumière émise dans les autres directions. On arrive à ce résultat au moyen de différents appareils. La première idée qui se présente consiste à disposer au-dessus et au dessous du tambour dioptrique, comme l'indique la fig. 2014, une série de miroirs paraboliques ayant tous pour foyer la lampe elle-même L'exécution et l'entretien de ces miroirs est difficile, et ils ne réfléchissent régulièrement, comme nous l'avons déjà dit, que la moitié de la lumière qu'ils reçoivent. On leur a donc substitué (figures 2015 et 2016) un système de lentilles à échelons inclinés sur lesquelles tombent la lumière et dont elle émerge en faisceaux parallèles qui sont à leur tour renvoyés dans la direction voulue par des miroirs plans, en glaces étamées, convenablement inclinés. Cette disposition absorbe moins de lumière que la première, mais elle est compliquée, et les miroirs étamés ont l'inconvénient de s'altérer assez rapidement. On adopte par conséquent, aujourd'hui, une disposition plus parfaite dont le prix est malheureusement trop élevé. On place au-dessus et au-dessous du tambour principal une série d'anneaux, à section triangulaire, indiqués fig. 2008 et 2009, dont la forme (fig. 2017) est calculée de telle sorte que la lumière, en arrivant divergente à la partie inférieure, éprouve sur la face la plus inclinée une *réflexion totale*, et sort ensuite, par la troisième face, en faisceaux parallèles. Ces anneaux dioptriques remplissent donc à eux seuls la double fonction des lentilles et des miroirs de l'appareil précédent, ils absorbent très peu de lumière et ne s'altèrent pas plus que le reste de l'appareil.

2015



2016.

Les appareils lenticulaires des phares à éclipses sont supportés par un pivot et un système de galets. Un mouvement d'horlogerie, mû par un poids et placé au dessous de la lanterne, leur imprime le mouvement de rotation qu'ils doivent avoir.



2017.

Dans tous les cas, l'appareil d'éclairage est renfermé dans une lanterne en glaces qui couronne le phare. Le dôme de la lanterne est en cuivre et surmonté d'un paratonnerre. Les glaces sont fixées dans les nervures de montants en fer ou mieux en bronze ; malgré leur épaisseur de 0m,008 à 0m,010, elles sont souvent cassées par les oiseaux de mer qui viennent se précipiter vers la lumière.

La fabrication des appareils dioptriques des phares est arrivée aujourd'hui, grâce aux efforts de MM. Soleil et Henri Lepaute, à un degré de perfection qui laisse peu de chose à désirer. L'Angleterre, la Suède, la Norwège et les Etats-Unis ont acheté en France, depuis quelques années, plus de quarante appareils d'éclairage pour les phares.

Les instruments pour la taille des lentilles et des anneaux sont très simples par eux-mêmes. Ils exigent seulement une grande précision. La pièce de verre collée sur un disque horizontal en métal, animé d'un mouvement de rotation, est usée et polie au moyen d'un frottoir fixé à l'extrémité d'une pièce de fer, dont l'autre bout est réuni par une charnière à un point fixe. La longueur de cette pièce de fer est égale au rayon de courbure du profil générateur de la surface que l'on exécute.

Les machines à tailler les lentilles sont mises en mouvement dans les beaux ateliers de M. Henri Le-

paute, rue de Vaugirard, n° 133, à Paris, par une machine à vapeur. L'outillage puissant de ce fabricant distingué lui permet de faire mieux et à plus bas prix que qui que ce soit ce genre de travail.

Portée des phares, intensité de leur lumière. La portée des phares du premier ordre varie de 28 à 44 kilomètres. Celle des feux de port de 11 à 22 kilom. On ne doit pas confondre cette portée théorique, dépendant de leur élevation, avec la limite de leur *visibilité* qui peut être sensiblement diminuée par l'état de l'atmosphère, et qui, dans des circonstances favorables et pour des phares très élevés, peut s'étendre, au contraire, beaucoup plus loin Le phare du mont d'Agde, par exemple, a été aperçu de celui du cap Béarn à une distance de 93 kilom.

On suppose, dans le calcul de la portée des phares, que l'observateur est placé sur les vergues, à 12 ou 15 mètres au-dessus du niveau de la mer pour les feux de premier ordre, à 10 mètres pour ceux de second ordre, à 5 mètres pour ceux de troisième ordre, et enfin à 3 mètres seulement pour les phares de quatrième ordre. Cela posé, si on appelle R le rayon de la terre, h la hauteur du feu au-dessus des grandes mers, et d la portée, on voit facilement que ces quantités sont liées par la relation $d^2 = h\,(2R+h)$, ou supprimant h, quantité infiniment petite par rapport à 2R, dans le second facteur, $d^2 = 2Rh$, d'où on tirerait $h = \frac{d^2}{2R.}$ Mais la réfraction atmosphérique augmente la portée dans le rapport de 84 à 100, de sorte que d étant donné, on obtient h par la formule $h = \frac{0{,}84\,d^2}{2R.}$

La lumière d'un bec quadruple, semblable à celui que nous avons décrit, équivaut à 17 becs de Carcel. Les grands panneaux de lentilles à échelons, de $1^m{,}00$ de hauteur et de $0^m{,}76$ de largeur, donnent des éclats qui, dans l'axe, équivalent à 4.000 becs de Carcel, ou à 24.000 bougies. Il serait matériellement impossible d'obtenir avec des miroirs de pareils résultats.

Nous avons indiqué à l'article ÉCLAIRAGE les grands résultats obtenus par l'application aux phares de la lumière électrique.

Administration, prix et statistique des phares. La France est la nation qui met le plus de soin à éclairer ses rivages pendant la nuit. Toutes les dépenses de ce service sont supportées par le trésor public. En Angleterre, au contraire, où le système d'éclairage est fort incomplet, on paye dans chaque port un droit pour les phares.

En vertu d'un décret du 7 mars 1806, le service des phares est confié, en France, aux ingénieurs des ponts et chaussées. Mais, comme il intéresse à un haut degré la navigation, le sous-secrétaire d'état des travaux publics a formé auprès de lui une commission des phares, composée d'ingénieurs, de marins, d'hydrographes, d'astronomes et de physiciens, appelée à donner son avis sur toutes les questions de cette nature. L'administration possède en outre, à Paris, un établissement, connu sous le nom d'Atelier central des Phares, où l'on monte et où l'on vérifie les appareils destinés aux départements, et où l'on fabrique même quelques lentilles. Un ingénieur dirige cet atelier.

L'éclairage des phares de la Méditerranée et celui des phares de l'Océan, depuis Bayonne jusqu'au Finistère, se fait par entreprise. Depuis Dunkerque jusqu'aux côtes du Nord, au contraire, les fournitures d'huile sont seulement mises en adjudication, et le reste du service se fait en régie. L'administration a l'intention d'appliquer à toutes nos côtes cette seconde méthode, beaucoup plus convenable que l'autre. Il est à désirer que cette amélioration soit bientôt réalisée.

Nous avions en France, à la fin de 1845, 123 phares ou fanaux sur les côtes de l'Océan, répartis dans dix-sept départements, et 30 sur la Méditerranée, dans huit départements. Ces établissements représentaient une valeur de 10.658.000 fr.

L'administration publie périodiquement un état descriptif des phares de nos côtes, et prévient longtemps à l'avance les navigateurs de tous les pays des changements qui doivent être apportés dans le système général d'éclairage.

Les verres employés à la fabrication des lentilles à échelons sont maintenant préparés à Saint-Gobain. Ils coûtent environ 5 francs le kilogramme. Le mètre superficiel de panneaux de lentilles à échelons est payé 1,750 fr. Nous avons d'ailleurs réuni dans le tableau suivant les renseignements les plus importants sur les frais d'entretien, la consommation d'huile, la valeur, etc., des appareils dioptriques des différents ordres.

	ORDRES DES APPAREILS.	Diamètre inférieur du tambour dioptrique.	Éclat maximum en becs de Carcel [1]	Portée répondant à l'élévat. ordin. des feux [2].	Prix des appareils avec partie accessoire catoptrique [3].	consommation d'huile par heure.	Dépense annuelle du service d'éclairage y compris divers entretiens.	Nombre de gardiens.	OBSERVATIONS.
		mètres.	Becs.	milles	francs.	gram.	francs		
1er ORDRE	Feu fixe	1,84	450	20	24500	750	8000	3	[1] Ces indications d'éclat se rapportent, pour les phares des trois premiers ordres, à des miroirs placés aux parties inférieures et supérieures.
	Feu tournant. 8 grandes lentilles.	1,84	4000	28	30000				
	Feu tournant. 16 demi-lentilles.	1,84	2000	24	30000				
	Feu varié par des éclats	1,84	2800	24	33000				
2e ORD.	Feu fixe	1,40	200	16	16000	500	6000	2 à 3	[2] On ne doit pas confondre la portée avec la limite de visibilité.
	Feu tournant	1,40	1200	18	21000				
	Feu varié	1,40	1200	18	23500				
3e ORDRE	Grand modèle. Feu fixe	1,00	65	14	8000	190	4000	2	[3] Non compris la lanterne.
	Grand modèle. Feu varié	1,00	380	15	13000				
	Petit modèle. Feu fixe	0,50	35	12	4000	120	3500	1 à 2	
	Petit modèle. Feu varié	0,50	200	14	7000				
4e ORDRE	Grand modèle. Feu fixe	0,375	20	10	2500	60	1200	1	
	Grand modèle. Feu varié	0,375	120	12	5000				
	Petit modèle. Feu fixe	0,30	10	9	1700	45	900	1	
	Petit modèle. Feu varié	0,30	90	10	3600				

H. MANGON.

PHOSPHATES.

PHOSPHATES. On désigne sous ce nom les sels formés par l'acide phosphorique; il y a des phosphates neutres, basiques ou acides. Dans les phosphates neutres, la quantité d'oxygène de la base est à la quantité d'oxygène de l'acide, comme 2 est à 5. Les phosphates sont indécomposables par la chaleur seule, à l'exception d'un très-petit nombre; la plupart sont fusibles. Ils sont décomposés par l'acide borique à une température élevée, mais ils ne le sont pas par la silice, à moins qu'il n'y ait contact de charbon. Un grand nombre se changent en phosphures quand on les chauffe avec du charbon. Les phosphates neutres sont insolubles dans l'eau à l'exception des phosphates de potasse, de soude, et d'ammoniaque; mais la plupart se dissolvent dans un excès d'acide phosphorique. Les acides forts les dissolvent ou les transforment en phosphates acides. Beaucoup de phosphates acides sont cependant insolubles, lorsqu'ils ont été calcinés, même dans l'acide chlorhydrique. Préalablement desséchés, puis chauffés avec du potassium, les phosphates sont décomposés et laissent un résidu de phosphure de potassium qui, mis en contact avec l'eau, laisse dégager de l'hydrogène phosphoré, gaz spontanément inflammable. Les phosphates solubles donnent dans les dissolutions de baryte et de plomb un précipité blanc, soluble dans l'acide nitrique en excès, ce qui ne permet pas de le confondre avec celui que donnent les sulfates ou l'acide sulfurique. Beaucoup de phosphates métalliques se trouvent dans le règne minéral. Les principaux phosphates sont les suivants :

PHOSPHATE DE SOUDE. Ce sel se prépare en décomposant une dissolution de biphosphate de chaux par un léger excès de carbonate de soude ; il se précipite du phosphate neutre de chaux que l'on sépare par filtration; on concentre par évaporation la liqueur filtrée, et on la fait cristalliser en la laissant refroidir. Le phosphate de soude est fréquemment employé comme purgatif en médecine, et comme réactif dans les laboratoires de chimie.

PHOSPHATE DOUBLE D'AMMONIAQUE ET DE SOUDE. Ce sel, plus connu sous le nom de *sel de phosphore*, et particulièrement employé dans les essais au chalumeau, se prépare en dissolvant 16 parties de sel ammoniac et 100 parties de phosphate de soude dans une très-petite quantité d'eau, faisant bouillir, puis cristalliser par le refroidissement.

PHOSPHATE D'AMMONIAQUE. Ce sel se prépare pour les laboratoires, soit directement, soit comme le précédent, avec cette différence que l'on remplace le carbonate de soude par du carbonate d'ammoniaque. Il est employé comme réactif, dans les laboratoires de chimie, pour doser la magnésie.

Le phosphate d'ammoniaque est appliqué avec succès en sucrerie, pour neutraliser les alcalis et enlever l'excès de chaux, qui forment de grands obstacles à la cristallisation, à un bon rendement. C'est en 1850 que M. Kuhlmann avait proposé le phosphate d'ammoniaque pour la neutralisation des sirops et en même temps pour enlever l'excès de chaux. Mais pour cette application dont on a enfin reconnu l'utilité, il fallait produire le phosphate d'ammoniaque à bon marché; c'est cette fabrication dont nous allons donner la description, d'après M. Lamy.

En principe, elle consiste à décomposer les phosphates minéraux, source abondante d'acide phosphorique à bon marché, réduits en poudre fine, par l'acide sulfurique dilué, et à neutraliser l'acide phosphorique purifié par l'ammoniaque caustique.

L'opération se fait de la manière suivante:

Dans un grand bac en bois, de la capacité de 200 hectolitres, par exemple, dans lequel on a versé une certaine quantité d'acide sulfurique marquant 5 degrés à l'aréomètre Baumé, on ajoute peu à peu la proportion correspondante de poudre ou de farine minérale, de phosphate du Lot par exemple, très-riche en acide phosphorique, en ayant soin de remuer le mélange pour faciliter la décomposition.

Lorsque cette attaque est considérée comme terminée, on laisse reposer vingt-quatre heures pour permettre au sulfate de chaux de se déposer, puis l'on décante le liquide, formé en grande partie de phosphate acide de chaux et d'un petit excès d'acide sulfurique, dans un autre bac en bois placé en contre-bas du premier. Dans celui-ci on jette en même temps du carbonate de baryte en poudre, en quantité suffisante pour neutraliser complétement l'excès d'acide sulfurique et le précipiter à l'état de sulfate de baryte. La dissolution de phosphate, éclaircie par le repos, est concentrée par un chauffage à la vapeur, dans des bassins en plomb, jusqu'à ce qu'elle marque 20 degrés Baumé. A cet état, et après refroidissement, elle est mélangée, dans d'autres récipients semblables, avec de l'ammoniaque à 22 degrés, de manière à former du phosphate ammoniacal neutre, ou plutôt un peu alcalin. Par cette addition d'alcali, on précipite toute la chaux, le fer, l'alumine, etc., sous forme de phosphates insolubles; on laisse déposer, et on décante la liqueur claire, qui n'est qu'une dissolution de phosphate d'ammoniaque à peu près pure.

Enfin, à cette dissolution on ajoute une nouvelle proportion d'ammoniaque pour saturer l'acide, et on produit le phosphate d'ammoniaque bibasique, insoluble dans un excès d'alcali. La combinaison s'opère dans une caisse fermée, en faisant arriver en même temps, sous la forme de deux minces filets liquides qui se rencontrent, la solution du phosphate monobasique d'ammoniaque à 20 degrés Baumé et de l'ammoniaque à 21, dans la proportion d'un équivalent et demi d'alcali pour un équivalent d'ammoniaque sec. Au fur et à mesure du mélange des deux liqueurs, le phosphate basique se précipite en une sorte de bouillie ou masse cristalline. Il ne reste plus, après refroidissement, qu'à recueillir cette masse, la comprimer dans des sacs à la presse hydraulique et l'embariller de suite. On ne peut songer à la dessécher, puisqu'à l'air, même à la température ordinaire, elle se décompose en abandonnant de l'ammoniaque.

Quant aux résidus de l'opération, ils sont traités de la manière suivante:

Le premier de ces résidus, celui qui résulte de l'attaque de la farine de phosphate par l'acide sulfurique très-étendu, et qui est composé, en grande partie, de sulfate de chaux et de silice, est lavé jusqu'à épuisement, et les eaux acides sont employées dans une opération suivante.

Le résidu de sulfate de baryte est aussi lavé avec soin; les eaux de lavage rentrent dans la fabrication, et le sulfate peut être employé pour préparer de la baryte artificielle.

Enfin, le plus important des résidus, le précipité provenant de la neutralisation du phosphate acide de chaux par l'ammoniaque et qui est constitué surtout par des phosphates, est d'abord pressé dans des filtres-presses pour en extraire le phosphate ammoniacal qui l'imprègne ; les tourteaux résultants sont redélayés dans l'eau, et la masse soumise à une seconde pression donne finalement un produit solide, très-riche en phosphates suffisamment assimilables, que l'on se contente de faire sécher, et qu'on trouve avantage à vendre directement comme engrais.

PHOSPHATE DE CHAUX. A l'article ENGRAIS il a été traité en détail de l'importance de ce sel pour l'agriculture et il a été parlé des richesses que renferme, sous cette forme, le sol de la France. Le Lot, et les Ardennes surtout, ont mis en exploitation de magnifiques gisements qui sont une source de richesses pour

ces deux départements, le phosphate de chaux étant devenu précieux à l'égal des minerais métallifères.

PHOSPHORE. L'un des corps simples; il est solide, d'une densité = 1,77, fond à 43° C., se volatilise à 290°; à la température ordinaire, il répand dans l'air des fumées blanches, épaisses, lumineuses dans l'obscurité, et y brûle avec une flamme extrêmement vive et brillante lorsqu'on le chauffe seulement jusqu'à son point de fusion. Récemment préparé, il est ordinairement incolore et transparent; dans quelques cas cependant, surtout lorsqu'il est refroidi brusquement, il devient gris et même complétement noir. Conservé quelque temps dans l'eau, de transparent et incolore qu'il était il se recouvre d'une pellicule blanche et opaque.

La transformation du phosphore translucide en phosphore opaque est due à l'influence de la lumière diffuse. L'action de la lumière solaire est encore plus grande; le phosphore devient rouge et en même temps ses propriétés se modifient d'une manière singulière: sa densité augmente, il devient moins facilement attaquable, il perd sa phosphorescence et ne s'enflamme plus qu'à 260°; enfin tandis que le phosphore ordinaire est un poison violent, le phosphore rouge est presque inoffensif.

Le phosphore se combine avec les métaux pour donner des composés beaucoup plus durs, et le plus souvent aigres et cassants, qui ont reçu le nom de *phosphures*.

On obtient le phosphore en poudre en le fondant dans un ballon, sous l'eau, et agitant ensuite vivement le vase jusqu'à ce que le phosphore soit entièrement solidifié par suite du refroidissement progressif de l'eau; en se servant d'alcool, au lieu d'eau, on obtient une poudre beaucoup plus fine.

Le phosphore est employé pour doser l'oxygène, dans les analyses eudiométriques, et, dans quelques cas, en médecine. Mais son principal débouché est la fabrication des allumettes à friction, dites *allumettes chimiques*, qui en consomme une quantité extrêmement considérable.

Le phosphore se prépare au moyen des os calcinés ou plutôt grillés à blanc, qui se composent de carbonate et de phosphate de chaux; on les pulvérise, on les délaye dans 2 parties d'eau de manière à former une bouillie claire dans laquelle on verse peu à peu, en agitant constamment, 75 p. 100 d'acide sulfurique à 66°; on laisse ensuite reposer pendant vingt-quatre heures à froid, ou moins, si on élève la température : il se dépose du sulfate de chaux et il se forme du phosphate acide de chaux soluble. On décante, on lave le résidu à l'eau chaude à plusieurs reprises; on évapore la liqueur jusqu'à consistance sirupeuse, on laisse refroidir et on reprend par l'eau froide, qui redissout seulement le phosphate acide de chaux et laisse la portion de sulfate qui s'était d'abord dissoute; après avoir décanté, on évapore de nouveau jusqu'à consistance de miel, on incorpore dans la masse le quart de son poids de charbon en poudre, on dessèche la masse et on la fait même rougir dans une chaudière en fonte. Lorsqu'on chauffe ce mélange au blanc, dans des cornues, l'acide phosphorique en sus de celui nécessaire pour constituer du phosphate neutre est décomposé par le charbon, et le phosphore se dégage à l'état de vapeurs qui viennent se condenser dans des appareils convenablement disposés.

La température à laquelle on opère étant très-élevée, on se sert de cornues en terre, lutées avec un mélange de terre franche et de crottin de cheval; on les fait complétement sécher, avant de s'en servir, et on répare avec soin les fissures qui pourraient s'être produites pendant la dessiccation.

Le mélange n'augmentant pas de volume, lorsqu'il a été bien desséché, on peut en remplir presque entièrement la panse de la cornue.

On emploie ordinairement, pour chauffer les cornues, un fourneau à alandier, construit en briques, alimenté avec du bois ou de la houille, et dans lequel on place 4 cornues de chaque côté; au col de chacune de ces cornues, on ajuste un tuyau de cuivre courbé, qui vient plonger dans un réservoir cylindrique aussi en cuivre, muni d'un couvercle auquel on adapte un tube droit pour le dégagement des gaz; on remplit à moitié chaque réservoir avec de l'eau chaude, sans quoi les premières vapeurs de phosphore qui passeraient à la distillation se condenseraient sous la forme de poudre. On chauffe très-graduellement le feu jusqu'au rouge blanc, et on le maintient à ce point tant qu'il distille du phosphore: on juge de la marche de l'opération par l'abondance du dégagement gazeux: l'opération est terminée lorsque tout dégagement a cessé. On trouve alors le phosphore en masses plus ou moins volumineuses au fond des vases; après avoir laissé refroidir l'eau, on le retire et, pour le purifier, on le met dans un nouet en peau de chamois, on plonge le nouet dans l'eau chaude et on le comprime avec la main, ou mieux avec une pince, ce qui permet d'employer de l'eau plus chaude; le phosphore fond et passe à travers la peau, tandis que les matières étrangères, l'oxyde de phosphore, etc., restent dans le nouet.

Pour convertir le phosphore en bâtons, forme sous laquelle il est ordinairement livré au commerce, on le fond dans l'eau et on y plonge des tubes de verre parfaitement droits, et légèrement coniques, dans lesquels on le fait monter par succion; il faut opérer avec précaution et prendre bien garde d'aspirer au point de faire venir du phosphore dans la bouche, ce qui pourrait causer des accidents extrêmement graves; aussi a-t-on toujours soin que le phosphore soit toujours recouvert dans le tube, par une couche d'eau de 2 ou 3 centimètres; il convient aussi d'effiler le tube par le bout qui plonge dans le phosphore; le phosphore s'étant élevé dans le tube à la hauteur voulue, on ferme l'orifice supérieur du tube avec le bout de la langue, ou même avec le doigt s'il est effilé à son autre extrémité, on soulève le tube jusqu'à ce que l'orifice inférieur ne plonge plus que dans l'eau et on passe le doigt sous le tube, que l'on transporte dans l'eau froide; en renversant ensuite le tube, après solidification complète, le phosphore sort naturellement ou par la plus légère secousse. Il faut préalablement échauffer le tube en y aspirant, à deux ou trois reprises, de l'eau chaude, afin d'éviter le grave inconvénient d'avoir des bâtons de phosphore creux, dont l'emploi, dans certains cas, peut donner lieu à des accidents.

On coupe ensuite les bâtons de phosphore avec des ciseaux, en fragments de longueur convenable, et on les conserve sous l'eau, à l'abri de la lumière, dans des flacons à large goulot, en verre opaque ou recouvert de papier noir, en grès ou en métal.

Phosphore rouge. Nous avons traité, à l'article ALLUMETTES du *Complément*, de l'utilité d'emploi du phosphore rouge. Décrivons le procédé employé par M. Schrötter pour sa préparation.

Le phosphore est mis dans un vase circulaire en fonte placé lui-même dans un vase rempli de sable fin, lequel plonge à son tour dans un troisième vase contenant un alliage formé de parties égales de plomb et d'étain. L'appareil est chauffé d'abord graduellement de manière à chasser la vapeur d'eau; ensuite on élève la température jusqu'à ce qu'il se dégage des vapeurs qui s'enflamment en arrivant à l'air. Une ou deux heures après, on porte la température à 170° et on la maintient à peu près constante pendant 10 ou 12 jours. La transformation allotropique est alors effectuée à peu près complétement. La masse de phosphore durci est broyée et lavée au sulfure de carbone, qui dissout le phosphore ordinaire et laisse le phosphore rouge.

PHOSPHORIQUE (ACIDE). Cet acide, qui donne naissance aux phosphates, est la combinaison la plus importante du phosphore avec l'oxygène. On l'obtient anhydre par la combustion vive du phosphore dans l'air ou l'oxygène sec. Il est alors sous la forme de flocons blancs fortement déliquescents; une fois qu'il s'est formé de l'acide hydraté, on ne peut plus en séparer par l'action de la chaleur toute l'eau; il en retient encore 1 équivalent ou 25 p. 100 de son poids, après qu'il a été chauffé jusqu'à fusion; il est alors vitreux. C'est un acide énergique surtout à une température élevée, parce qu'il peut la supporter sans se décomposer, ce que font seuls avec lui les acides silicique et borique. Il est réduit par le charbon, à la température rouge vif; c'est sur ce fait qu'est basée, comme nous l'avons vu, la préparation du phosphore.

PHOSPHURES. Les phosphures, combinaisons binaires du phosphore, ont l'éclat métallique; ils sont en général très-fusibles; la plupart sont cassants; quelques-uns sont demi-ductiles; la chaleur les ramène ordinairement à un minimum de phosphuration, PM^2, et en décompose totalement quelques-uns. L'acide nitrique, l'eau régale et le grillage les transforment en phosphates.

Ils sont très-difficiles à préparer directement à cause de la grande inflammabilité et de la grande volatilité du phosphore. On en obtient beaucoup, soit en réduisant par le charbon les phosphates correspondants, soit en fondant au creuset brasqué, et au feu de forge, du métal en limailles ou de l'oxyde en poudre, avec deux ou trois fois son poids d'un mélange de 10 parties de phosphate de chaux, 5 parties de sable quarzeux, 5 parties de borax et une partie de charbon en poudre : le phosphate de chaux est réduit par le borax et la silice, au contact du charbon, et il se forme dans le creuset un phosphure recouvert par une scorie bien fusible, formée par un boro-silicate à base de chaux et de soude.

On a préparé le phosphure de fer, à bas prix, dans une espèce de haut-fourneau, en mélangeant des phosphates fossiles, du minerai de fer et du charbon. Le phosphure de fer coule, comme la fonte, dans le creuset.

PHOTOCHIMIE. On donne ce nom à la science des réactions chimiques engendrées par des radiations lumineuses. La théorie est encore obscure, mais les éléments se dégagent chaque jour, de manière à faire concevoir l'espoir d'édifier un monument qui sera des plus magnifiques; l'art qui l'utilise a pris un grand développement; c'est la photographie dont les produits ont atteint un si haut degré de perfection. M. Jamin a essayé, dit-il, de mettre de l'ordre au milieu des phénomènes nombreux et incohérents de la photochimie, et y a fort bien réussi dans un chapitre de son beau traité de physique, auquel nous emprunterons le commencement de ce qui suit, excellent résumé de la théorie de la photographie.

Actions réductrices. Scheele découvrit, en 1770, que le chlorure d'argent devient noir quand on l'expose à la lumière, de l'argent est réduit. La lumière a donc la propriété de décomposer le chlorure d'argent en séparant ses éléments. Elle décompose également l'azotate d'argent en dégageant l'acide et l'oxygène qui abandonnent le métal réduit.

Des faits analogues se produisent avec un grand nombre de corps. En général les chlorures, bromures, iodures, cyanures, etc., des métaux les moins oxydables, tels que l'argent, le mercure, le fer et le platine, sont décomposés ou tendent à l'être par l'action suffisamment prolongée de la lumière.

Il en est de même d'un grand nombre de composés oxygénés. L'acide azotique perd de l'oxygène et se transforme en vapeurs rutilantes; l'acide chromique et le bichromate de potasse laissent déposer de l'oxyde de chrome; l'azotate d'urane se trouble, verdit et donne du protoxyde. On peut dire en résumé que les oxydes ou acides suroxygénés, ainsi que les composés binaires des métaux peu oxydables, tendent à se réduire sous l'action prolongée des rayons du soleil.

Actions oxydantes. Si, dans les conditions ci-dessus, l'oxygène et les corps halogènes tendent à abandonner les métaux, ils se portent au contraire avec énergie sur l'hydrogène et les matières organiques. C'est ainsi qu'un mélange de chlore et d'hydrogène, qui se conserve dans l'obscurité, se convertit peu à peu en acide hydrochlorique sous l'influence de la lumière diffuse; action qui, sous l'influence des rayons solaires, se produit instantanément avec détonation et dégagement de chaleur et de lumière. C'est par une action semblable que le chlore peut enlever l'hydrogène aux combinaisons organiques sous l'influence du soleil. Le chrome, le brome et l'iode manifestent les mêmes propriétés.

L'oxygène éprouve un accroissement d'activité analogue et une tendance à se combiner avec les matières organiques. C'est par une expérience fondée sur cette propriété que J. Nicéphore Niepce inaugura l'art de la photographie en 1813. Il disposait sur une plaque d'argent bruni une couche mince de bitume de Judée, puis, appliquant dessus une gravure en taille-douce, il l'exposait au soleil. Les rayons pénétraient à travers le papier blanc, mais étaient arrêtés par les traits noirs de la gravure. Le bitume de Judée se conservait sans altération sous ces traits; mais il se combinait avec l'oxygène sous les parties blanches, et, en se résinifiant ainsi, devenait insoluble dans les essences. Il suffisait ensuite de laver la planche avec un mélange d'huiles de lavande et de pétrole pour mettre le métal à nu, avec son aspect noir bruni, aux endroits que les traits avaient recouvert, tandis qu'il demeurait voilé par une couche blanche insoluble aux points que la lumière avait impressionnés: on obtenait ainsi une reproduction de la gravure. Le galipot, les essences d'amandes amères, de citron, de térébenthine et de laurier-cerise; la benzine; la plupart des vernis, etc., se comportent comme le bitume de Judée, c'est-à-dire qu'ils s'oxydent à la lumière et par là changent leurs propriétés physiques ou chimiques.

La résine de gaïac offre une particularité curieuse; elle bleuit en absorbant l'oxygène. Si donc on l'étale en couche mince sur une surface, qu'on la couvre d'une gravure, elle prend une teinte foncée sous les blancs et reste blanche sous les noirs; elle donne finalement une image inverse : c'est ce qu'on appelle une *épreuve négative.*

Effets superposés. Puisque certains acides ou sels et certains composés métalliques binaires tendent à se dissocier sous l'action de la lumière, et que, d'un autre côté, l'oxygène ou le chlore, le brome et l'iode acquièrent, dans les mêmes conditions, une plus vive affinité pour l'hydrogène des matières organiques, il est évident qu'on augmentera la sensibilité des actions photochimiques en mêlant ces composés métalliques ou salins à ces matières organiques. C'est en effet ce qu'on peut montrer par de nombreux exemples.

I. M. Niepce de Saint-Victor enduit avec une même solution d'azotate d'argent fondu une feuille de papier et une cassure récente de porcelaine, puis les expose pendant le même temps à la même lumière. La porcelaine ne manifeste rien, tandis que le papier noircit: la matière organique a facilité la réduction.

D'après cela, on prépare des surfaces extrêmement sensibles à l'action de la lumière en étalant des feuilles de papier sur un bain de nitrate d'argent dissous, et les y laissant flotter assez longtemps pour que leur surface inférieure soit bien imbibée. On fait sécher ces feuilles dans l'obscurité où elles se conservent indéfiniment.

On augmente encore leur sensibilité en les plongeant ensuite dans des solutions de chlorure, bromure ou iodure de potassium, ce qui transforme l'azotate en

chlorure, bromure et iodure d'argent, substances insolubles, décomposables par elles-mêmes, et qui le deviennent davantage étant mêlées à la matière organique du papier.

On peut renverser l'ordre de ces deux immersions; plonger d'abord le papier dans le composé de potassium, ensuite dans le sel d'argent. C'est ainsi qu'en général on prépare le papier sensible employé dans la photographie.

II. Vers 1850, M. Poitevin fit une remarquable découverte dans cette voie. Le bichromate de potasse est difficilement décomposable par la lumière; mais il est réduit très-aisément au soleil quand on le mêle au sucre, à l'empois d'amidon, à la gomme, à la gélatine. Il est remarquable qu'en s'oxydant ces substances deviennent insolubles et que la gélatine perd la propriété qu'elle a naturellement de se gonfler dans l'eau.

III. Le perchlorure de fer se comporte comme le bichromate de potasse. Vient-on à le mêler avec de l'alcool, de l'éther ou de l'acide tartrique, et à l'exposer à la lumière, il passe à l'état de protochlorure, en cédant du chlore à la matière organique. Quand on place au soleil, sous une gravure, une feuille de papier imprégnée avec le dernier de ces mélanges, il est préservé sous les traits; partout ailleurs il se change en protochlorure mélangé à de l'acide tartrique oxygéné. Cette dernière combinaison n'a point été déterminée; mais elle est tellement avide d'humidité, qu'elle se couvre bientôt de rosée, ce qui dessine les blancs de la gravure. On peut faire paraître les traits en lavant la plaque avec du ferrocyanure de potassium ou de l'acide tannique, ce qui donne une épreuve positive imprimée en bleu de Prusse ou en encre ordinaire.

En résumé, l'ensemble des radiations émises par le soleil agit: 1° pour réduire les acides suroxygénés, les sels ou les composés binaires métalliques; 2° pour oxyder les matières organiques; d'où il résulte que les mélanges de ces deux classes de substances constituent les réactifs les plus sensibles à l'action photochimique.

Actions révélatrices. Il n'est pas nécessaire d'exposer à la lumière les deux éléments d'un pareil mélange; il suffit que l'un d'eux en ait subi l'effet. Ainsi quand on place dans la chambre obscure un papier imprégné d'iodure d'argent et d'acide gallique, le mélange est complet, l'action de la lumière efficace, et bientôt l'image négative apparaît. Si on omet l'acide gallique, l'épreuve ne se montre point. Cependant l'action de la lumière s'est produite et a communiqué au sel d'argent une tendance à la réduction; car si on plonge après coup le papier dans l'acide gallique, on voit l'image apparaître subitement. Il en est de même quand on le mouille avec du sulfate de fer ou du protochlorure d'étain, c'est-à-dire avec un corps oxydant. Pour distinguer ces deux actions, on nomme impressionnable la matière qui reçoit et conserve l'action de la lumière, et *révélatrice* celle qui développe l'image.

Nous citerons, parmi beaucoup d'actions analogues, les suivantes:

SUBSTANCES		RÉSULTATS
IMPRESSIONNABLES, papier imprégné de	RÉVÉLATRICES.	
1° Rien.	Sel d'argent.	Image noire ordinaire.
2° Azotate ou iodure d'argent.	Sulfate de fer ou acide gallique.	Image noire ordinaire.
3° Azotate d'Urane.	Eau.	Action prolongée de la lumière; image négative grise de protoxyde d'Urane; disparaît à l'obscurité, se reproduit à la lumière.
	Prussiate rouge de potasse.	Image rouge sanguin positive; passe au bleu par le sulfate de fer.
4° Acide gallique.	Sulfate de fer.	Image noir-bleu.
5° Acide chromique ou bi-chromate de potasse.	Sel d'argent.	Image positive rouge-pourpre.

Le rôle de substance impressionnable et de substance révélatrice est réciproque, et à l'intensité près on obtient le même effet en insolant l'une ou l'autre. En général on peut changer l'ordre des deux premières colonnes du tableau ci-dessus.

Action des ondes de l'éther sur les atômes des corps composés par Tyndall. Nous donnerons ici la leçon dans laquelle M. Tyndall a tenté l'analyse des phénomènes photochimiques: c'est aujourd'hui la tentative la plus avancée dans cette voie.

J'ai cherché, dit l'éminent physicien anglais, à me former des molécules et de leurs atomes constituants les images que la science moderne rend les plus probables, à me représenter aussi l'éther et ses mouvements tels que la théorie des ondulations de la lumière nous permet de les concevoir; j'ai cherché à fonder, sur ces conceptions, des recherches expérimentales qui puissent nous initier à une connaissance plus certaine de la constitution moléculaire.

L'un des résultats de ces recherches, c'est le changement subit qui se produit dans les rapports entre l'éther de l'espace et la matière ordinaire qui accompagne l'acte d'une combinaison. La quantité et la qualité finale de la matière traversée par les ondes d'éther restant constantes, il peut se produire de grands changements dans la qualité du mouvement ondulatoire intercepté par l'acte de la combinaison chimique. Si, par exemple, l'azote et l'oxygène sont mêlés mécaniquement dans la proportion en poids de 7 à 4, la chaleur rayonnante traversera le mélange comme elle traverserait un espace vide; ou, tout au moins, la quantité de chaleur interceptée sera rendue mille fois plus grande dès que l'azote et l'oxygène se combineront pour former le gaz hilarant. De même, si l'azote et l'hydrogène sont mêlés mécaniquement dans la proportion de 14 à 3, la quantité de chaleur qu'ils absorbent dans cet état sera multipliée par des mille, peut-être par des millions, du moment qu'ils s'uniront chimiquement pour former l'ammoniaque. Aucune expérience ne prouve même que l'air que nous respirons est un mélange mécanique et non un composé chimique, autant que celle qui nous montre qu'il est perméable aux rayons de chaleur tout comme le vide.

Mais les molécules qui, comme celles de l'ammoniaque et du gaz hilarant, peuvent intercepter les ondes d'éther, peuvent aussi être dissociées, et peut-être complétement séparées par ces ondes. Que la chaleur thermométrique ordinaire puisse produire des changements chimiques, c'est un fait des plus communs. La chaleur rayonnante aussi, si elle est assez intense et si elle est absorbée avec

une avidité suffisante, peut produire tous les effets de la chaleur thermométrique ordinaire. Les rayons obscurs, par exemple, qui peuvent amener le platine à la chaleur blanche, peuvent aussi, s'ils sont absorbés, produire les mêmes effets chimiques que le platine à la chaleur blanche. Ils peuvent décomposer l'eau, comme ils peuvent la faire bouillir en un instant; mais la décomposition, dans ce cas, aurait lieu par suite de la conversion virtuelle de la chaleur rayonnante en chaleur thermométrique. Il n'y aurait rien dans cet acte qui caractérise la radiation, ou qui puisse exiger sa présence comme élément essentiel de la décomposition.

Les actions chimiques, pour lesquelles la forme rayonnante semble être essentielle, sont produites principalement par les rayons du spectre les moins énergiques. Ainsi, le photographe a son foyer de chaleur en avant de son foyer chimique; et ce dernier, quoique si efficace pour son but spécial, possède une énergie mécanique infiniment moindre que son voisin. L'énergie mécanique dépend de l'amplitude ou de l'étendue de l'excursion des particules individuelles qui composent une onde d'éther. Or les ondes de chaleur ont des amplitudes considérablement plus grandes que les ondes chimiques; voilà pourquoi la décomposition est moins un effet de l'amplitude que de la période de vibration. Les mouvements plus prompts des ondes courtes et faibles qui se mettent ainsi en rapport avec les périodes de vibration permises aux atomes, comme cela a lieu pour les oscillations cadencées d'un enfant sur sa balançoire, finissent par s'accumuler assez pour écarter les atomes les uns des autres; c'est ainsi que se produit ce qu'on appelle la décomposition chimique. (Le rapport des longueurs des ondes à l'écartement des atomes peut fournir la base d'une hypothèse aussi probable, pour le moins, que la précédente.)

C'est cet écartement, cette dissociation les uns des autres, des atomes qui constituent les molécules que nous allons examiner maintenant. Considérons l'action des ondes courtes sur la matière gazeuse. On a rempli de vapeurs diverses un tube à expérience en verre de 1 mètre de longueur et de 8 centimètres de diamètre. En règle générale, les vapeurs étaient parfaitement transparentes; le tube qui les contenait paraissait aussi vide après qu'avant leur introduction. Dans deux ou trois cas seulement, l'on voyait un faible nuage dans le tube. Ce fait me causa un moment d'inquiétude, car je ne savais pas dans quelle proportion, lors de mes expériences antérieures, les phénomènes devaient être réellement attribués à la vapeur pure ou sans nuages et à ces nébulosités que j'apercevais pour la première fois. Je me suis très-vite convaincu que les nuages observés dans le faisceau étaient tous *engendrés* par le faisceau lui-même, et cette observation m'a ouvert l'entrée dans des régions inaccessibles aux sens, mais qui occupent une si grande partie de la vie des hommes qui se livrent à l'étude de la physique.

Que sont les vapeurs dont nous avons parlé? Des agrégats de *molécules* ou de petites masses de matière, et chaque molécule est elle-même un agrégat de parties plus petites appelées *atomes*. Une molécule de vapeur aqueuse, par exemple, se compose de 2 atomes d'hydrogène et de 1 atome d'oxygène; une molécule d'ammoniaque se compose de 3 atomes d'hydrogène et de 1 d'azote, et ainsi des autres substances. Ainsi les molécules les plus petites que l'on puisse imaginer sont formées de parties séparées encore plus petites; et, lorsqu'on parle d'un composé de vapeur, il faut se représenter un agrégat de molécules, séparées les unes des autres, quoique excessivement voisines, chacune d'elles étant composée d'un groupe d'atomes encore plus rapprochés les uns des autres. C'est ainsi que nous devons concevoir la *matière* qui constitue une vapeur. A cette idée, il faut ajouter celle de *mouvement*. Les molécules ont des mouvements qui leur sont propres, *en tant qu'elles forment un tout;* leurs atomes constituants ont aussi des mouvements qui leur sont propres, et qui sont exécutés indépendamment de ceux des molécules, absolument comme les différents mouvements, à la surface de la terre, sont exécutés indépendamment de la révolution de notre planète dans son orbite.

Les molécules de vapeur sont maintenues séparées par des forces qui, virtuellement ou actuellement, sont des forces de répulsion. Entre ces forces élastiques et la pression atmosphérique sous laquelle la vapeur existe, l'équilibre s'établit dès que les molécules ont pris des distances convenables Si, ensuite, une force momentanée vient à rapprocher encore les molécules, elles reprennent leur position dès que la force est épuisée. Si, par l'exercice d'une force semblable, on les sépare davantage, dès que la force cessera d'agir, elles se rapprocheront de nouveau. Le cas n'est pas le même pour les atomes constituants.

Permettez-moi de faire remarquer que nous nous trouvons ici à la limite extrême de la physique moléculaire, et que j'essaye de vous familiariser avec des idées qui n'ont pas encore généralement cours, même parmi les chimistes, que beaucoup de chimistes se refusent même à adopter. Mais que ces idées soient admissibles ou inadmissibles, il y a une haute importance scientifique à les discuter. Représentons-nous donc nos atomes groupés ensemble pour former une molécule. Chaque atome est maintenu à distance de son voisin par une force de répulsion. Comment alors les membres de ce groupe, qui se repoussent mutuellement, ne se faussent-ils pas compagnie? Les molécules se séparent les unes des autres si la pression diminue ou ne s'exerce plus: mais il n'en est pas de même des atomes. Le motif de cette stabilité, c'est que *deux* forces, l'une attractive et l'autre répulsive, sont en action entre deux atomes quelconques; que la position et la distance qui sépare chaque atome de son compagnon est déterminée par l'équilibre de ces deux forces. Si les atomes se rapprochent trop, la force de répulsion l'emporte et les ramène à distance; s'ils sont trop éloignés, l'attraction l'emporte et les rapproche, Le point auquel la force d'attraction et celle de répulsion sont égales est la *position d'équilibre* des atomes. S'ils ne sont pas absolument froids, et il n'y a pas de froid absolu dans le coin de la nature que nous habitons, les atomes sont toujours dans un état de vibration, leurs vibrations doivent s'exécuter en avant et en arrière *de leurs positions d'équilibre.*

Au sein d'une vapeur ainsi constituée, lançons maintenant un faisceau de lumière. Mais d'abord, qu'est-ce qu'un faisceau de lumière? Vous savez que c'est une série d'ondes innombrables excitées et se propageant au sein d'un milieu d'une ténuité et d'une élasticité presque infinies, qui remplit tout l'espace, et que nous nommons l'*éther*. Vous savez que ces ondes de lumière ne sont pas toutes de même grandeur; que quelques-unes d'elles sont beaucoup plus longues et plus hautes que les autres; que les ondes courtes et les ondes longues se meuvent avec la même rapidité à travers l'espace, juste comme les ondes courtes et les ondes longues du son traversent l'air avec la même rapidité: d'où il résulte que les ondes courtes doivent se succéder plus rapidement que les longues. Vous savez que les différences de rapidité avec lesquelles les ondes de la lumière atteignent la rétine ou le nerf optique donnent la conscience des différences de *couleur*, et qu'il y a néanmoins des ondes sans nombre émises par le Soleil et les autres corps lumineux qui atteignent la rétine, mais qui sont impuissantes à exciter la sensation de la lumière; que si les ondes ont dépassé, en longueur ou en petitesse, une certaine limite, elles ne peuvent produire la vision. Enfin, il faut bien se rappeler que la puissance pour produire la *lumière* ne dépend pas tant

de la force des ondes que de leurs *périodes de récurrence*.

Vous possédez ainsi les éléments de toutes les conceptions avec lesquelles nous aurons désormais à compter; et vous remarquerez que, quoique nous parlions de choses qui ne tombent en rien sous les sens, ces conceptions sont aussi réellement *mécaniques* que si nous nous occupions des masses de matière ordinaire et des ondes d'une grandeur sensible. Je ne sache pas que, aujourd'hui, il y ait un seul savant véritable qui fasse une distinction substantielle entre les phénomènes chimiques et les phénomènes mécaniques. Ils diffèrent entre eux, en ce qui concerne la grandeur des masses envisagées, dans le même sens que les phénomènes de l'Astronomie diffèrent de ceux de la Mécanique ordinaire.

Supposons qu'une onde ou une série d'ondes vienne frapper une molécule de manière à imprimer le même mouvement à toutes ses parties, la molécule se mouvra comme un seul tout; et comme toutes les parties constituantes de la molécule seront animées d'un *mouvement commun*, elles n'auront aucune tendance à se séparer les unes des autres. *Des mouvements différents*, parmi les atomes qui constituent la molécule, seraient nécessaires pour effectuer une séparation, et, si de semblables mouvements ne peuvent pas être produits par le choc des ondes, il n'y a aucun fondement mécanique à la décomposition des molécules.

Il est cependant difficile de concevoir le choc d'une onde ou d'une série d'ondes ainsi distribuées entre les atomes sans qu'il exerce sur eux aucun effort, car les atomes ont des poids différents, et probablement des dimensions différentes; et, en tout cas, il est à peu près certain que le rapport de la masse de l'atome à la surface qu'il présente à l'action des ondes d'éther n'est pas le même pour tous. S'il en est ainsi, et je crois que les probabilités en faveur de cette idée sont immenses, chaque onde qui passe sur une molécule tend à la décomposer; elle tend à séparer de ses compagnons plus lourds et plus inertes les atomes qui, relativement à leurs masses, présentent les plus grandes surfaces résistantes aux mouvements des ondes.

Ainsi, l'idée de la décomposition des molécules composées par les ondes d'éther se recommande d'abord à nous comme une probabilité *à priori*. Un examen plus attentif de la question nous fera compléter, sinon qualifier matériellement ce mode de conception. C'est un fait très-remarquable, que les ondes qui ont été de beaucoup les plus efficaces pour séparer ainsi les molécules soient celles de moindre puissance mécanique. C'est ainsi que les rayons violets et ultraviolets du Soleil sont les plus efficaces pour produire les décompositions chimiques; et, si on les compare avec les rayons rouges et ultrarouges du Soleil, l'énergie mécanique de ces *rayons chimiques* est une quantité infiniment petite. Il faudrait probablement, dans certains cas, multiplier cette énergie par des millions, pour qu'elle fût égale à celle des rayons ultrarouges; et, pourtant, ces derniers sont sans force là où les ondes plus courtes sont puissantes. Nous constatons ici une similitude remarquable entre la manière de se comporter des molécules chimiques et celle de la rétine humaine.

D'où vient cette puissance plus grande des ondes plus courtes pour détruire les liens de l'union chimique? Si elle n'est pas le résultat de leur énergie propre, elle doit être, comme dans le cas de la vision, le résultat de leurs périodes de récurrence. Mais comment nous figurer cette action? Je dirai: Le choc d'une seule onde ne produit qu'un effet infiniment petit sur un atome ou une molécule. Pour produire un effet plus considérable, le mouvement doit *s'accumuler*, et, pour que les impulsions des ondes s'accumulent, celles-ci doivent arriver à des périodes identiques aux périodes de vibration des atomes qu'elles frappent. Alors toutes les ondes qui se succèdent

PHOTOCHIMIE.

trouvent les atomes dans des positions qui leur permettent d'ajouter leur choc à la somme des chocs des ondes qui les ont précédées. L'effet est mécaniquement le même que celui d'un enfant qui rhythme ses impulsions sur une balançoire. Un seul battement du pendule d'une horloge n'a pas d'effet sur le pendule d'égale longueur et en repos d'une horloge située à quelque distance; mais si les battements se renouvellent, et que chacun d'eux ajoute au moment voulu son impulsion infinitésimale à la somme des impulsions qui ont précédé, ils mettront, c'est un fait connu, la seconde horloge en mouvement. Pareillement, un seul souffle d'air contre les branches d'un fort diapason ne produira pas en celui-ci de mouvement sensible, ni, par conséquent, de son perceptible; mais une succession de souffles, qui se suivent à des périodes identiques à celles des vibrations du diapason, le feront résonner. Je pense que c'est de cette manière qu'il faut envisager l'action chimique de la lumière. Les faits et le raisonnement nous conduisent à cette conclusion, que c'est l'accumulation du mouvement des atomes, par suite de leur synchronisme avec les ondes les plus courtes, qui les pousse à se fausser compagnie. C'est là, je crois, la cause mécanique de ces décompositions sous l'influence des ondes d'éther.

Revenons maintenant au léger nuage dont nous avons parlé plus haut et d'où sort sorties, comme d'un germe, ces considérations et ces spéculations. On savait depuis longtemps que la lumière produit la décomposition d'un certain nombre de corps. L'iodure transparent d'éthyle ou celui de méthyle deviennent bruns et opaques à la lumière, par suite du dépôt de leur iode. L'art de la photographie est fondé sur ces actions chimiques de la lumière, de sorte qu'il est bien connu que les résultats auxquels nous ont préparés les considérations théoriques précédentes sont non-seulement probables, mais réels.

Mais la méthode que nous allons employer, et qui consiste tout simplement à soumettre les vapeurs des substances volatiles à l'action de la lumière, nous donne le moyen, non-seulement de présenter nos expériences sous une belle forme, mais aussi de donner une grande extension aux opérations de la lumière, ou plutôt de la force rayonnante, devenue un agent chimique. Elle nous permet aussi de produire, dans nos laboratoires, des phénomènes qui, jusqu'ici, se produisent seulement dans le laboratoire de la nature. Les substances que nous examinerons sont constituées de telle sorte que, lorsque leurs molécules sont brisées par les ondes lumineuses, les corps nouvellement formés ne *sont plus volatils* comparativement aux premiers. Pour les conserver sous la forme gazeuse, les produits de la décomposition ont besoin de beaucoup plus de chaleur qu'il n'en fallait aux vapeurs dont ils dérivent; et, par conséquent, si l'espace où ces nouveaux corps sont mis en liberté est à une température convenable, ils ne resteront pas à l'état de vapeur, ils seront précipités en nuages sur le faisceau de rayons auquel ils doivent leur existence.

Voici une petite éprouvette que je tiens dans la main, et qui est fermée par un bouchon percé de deux orifices. Par l'un d'eux passe un tube de verre étroit, qui se termine immédiatement au-dessous du bouchon; par l'autre passe un tube semblable, qui descend au fond de l'éprouvette, laquelle est remplie jusqu'à une hauteur d'environ $2^{c},5$ d'un liquide transparent. Ce liquide est le nitrite d'amyle, dont chaque molécule contient 5 atomes de carbone, 11 d'hydrogène, 1 d'azote et 2 d'oxygène. Nous enverrons directement les ondes de la lumière électrique sur ce groupe d'atomes. Notre tube à expériences est réuni actuellement avec l'éprouvette; mais il y a entre eux un robinet qui permet d'établir ou d'interrompre, à volonté, la communication entre l'éprouvette et le tube à expérience. L'autre tube, qui traverse le bouchon de l'éprouvette et qui descend dans le liquide,

est réuni avec un tube en U rempli de fragments de verre bien nettoyés et humectés d'acide sulfurique. En avant du tube en U est un tube étroit, rempli de coton. A l'autre extrémité du tube à expérience est notre lampe électrique; enfin, voici une pompe à air, au moyen de laquelle on a fait le vide dans le tube. On peut alors commencer l'expérience.

En ouvrant le robinet avec précaution, l'air de l'appartement passe d'abord à travers le coton, qui arrête les nombreux germes organiques et les particules de poussière qui flottent dans l'atmosphère. L'air, ainsi épuré, va dans le tube en U, où il est séché par l'acide sulfurique. Puis il descend par le tube étroit jusqu'au fond de l'éprouvette, et s'échappe dans le liquide par un petit orifice. Il le traverse sous forme de bulles, se charge dans une certaine proportion de vapeur de nitrite d'amyle, de sorte que l'air et la vapeur entrent ensemble dans le tube à expériences.

Nous allons faire tomber le faisceau de lumière électrique sur la vapeur invisible. La lentille de la lampe est située de manière à rendre le faisceau convergent; le foyer est situé à peu près au milieu du tube. Vous remarquerez que l'espace reste obscur pendant un instant après l'introduction du faisceau; mais l'action chimique sera si rapide qu'il faut de l'attention pour saisir cet intervalle d'obscurité. J'allume la lampe: le tube semble vide un moment; mais un nuage blanc lumineux remplit aussitôt la place du faisceau. Cette expérience, en outre, met en évidence ce fait que, quelque intense que soit le faisceau de lumière, il reste invisible jusqu'à ce que quelque chose le fasse reluire. L'*espace*, quoique traversé par les rayons de tous les soleils et de tous les astres, reste lui-même invisible. L'éther aussi, qui remplit l'espace et dont les mouvements sont la lumière de l'univers, est lui-même invisible.

Vous remarquerez qu'à l'extrémité du tube à expérience, le plus éloigné de la lampe, il n'y a pas de nuage. La vapeur de nitrite d'amyle s'y trouve cependant, mais elle n'est pas affectée par le passage du faisceau. Concentrons le faisceau transmis en le recevant sur un miroir concave en argent, et renvoyons le dans le tube: il est encore impuissant. Quoiqu'un cône de lumière d'intensité extraordinaire traverse la vapeur, il n'y a aucun précipité, on ne voit aucune trace de nuage. Pourquoi? parce que la très-petite partie du faisceau capable de décomposer la vapeur est entièrement épuisée par son action sur la partie antérieure du tube. Le grand volume de lumière qui reste, après avoir perdu par le filtrage le peu de rayons efficaces qu'il contenait, n'a plus d'action sur le nitrite d'amyle. Nous faisons ainsi clairement ressortir ce qui a déjà été dit de l'influence de la *période*, comparée à celle de l'*intensité*; car la portion du faisceau qui se montre ici inefficace a probablement plus d'un million de fois l'énergie absolue de la portion efficace. Nous avions besoin ici d'une énergie en rapport avec nos atomes, et cette énergie spécialement relative possédée par les petites ondes les investit d'un pouvoir extraordinaire. Lorsque le tube à expérience est changé de position, de manière à soumettre la vapeur non décomposée à l'action d'un rayon *non filtré*, vous voyez se précipiter instantanément ce beau nuage lumineux.

La lumière du soleil peut aussi décomposer la vapeur de nitrite d'amyle. Sur le trajet d'un rayon de soleil, j'ai placé une grande lentille convexe, qui formait un cône convergent visible sur la poussière de la chambre. En plaçant une extrémité du tube dans le cône de lumière formé derrière la lentille, la précipitation au sein du cône était abondante et immédiate. Cette fois encore, la vapeur du côté opposé du tube était protégée par celle située à l'avant; mais en tournant le tube, on voyait se précipiter un second nuage semblable au premier.

Aucune action chimique ne peut être produite par un rayon sans entraîner la destruction de ce rayon; question à laquelle il sera bon de s'arrêter. On peut la poser ainsi: quand les ondes d'éther sont interceptées par une vapeur composée, le mouvement des ondes passe-t-il dans les molécules de vapeur ou dans les atomes des molécules? Nous devons dire, dès l'abord, que le mouvement est communiqué aux atomes; car, si ces atomes n'étaient pas affectés, chacun individuellement, comment se sépareraient-ils? Toutefois la question mérite d'être soumise à un nouvel examen, dont vous apprécierez immédiatement la portée et la signification.

Les ondes absorbées sont celles qui se trouvent synchrones avec celles des molécules ou des atomes qu'elles atteignent, et souvent on énonce ce principe en disant que les corps rayonnent et absorbent les mêmes rayons. Cette grande loi est, comme vous le savez, la base de l'analyse spectrale; elle a permis à Kirchhoff d'expliquer les raies de Fraünhofer et de déterminer la composition chimique de l'atmosphère du soleil. Si donc, après le passage de la vapeur à l'état liquide, les ondes absorbées sont les mêmes que celles qui l'étaient avant le passage, c'est une preuve que les molécules qui doivent avoir changé complétement *leur période* ne sont pas le siége de l'absorption; et nous sommes amené à conclure que c'est aux *atomes*, dont les conditions de vibration n'ont pas changé avec le changement d'état, qu'a été transmis le mouvement des ondes. Si l'expérience prouve bien cette identité d'action de la part de la vapeur et de son liquide, elle établira d'une manière nouvelle et frappante la conclusion à laquelle nous avons été d'abord conduit.

Nous allons maintenant en venir à l'épreuve expérimentale. En avant du tube à expériences, qui contient une certaine quantité de vapeur d'amyle, est placée une auge en verre de 6 millimètres d'épaisseur, remplie de nitrite d'amyle liquide. J'envoie un faisceau électrique à travers le liquide d'abord, puis à travers sa vapeur. La puissance lumineuse de ce faisceau est très-grande, mais elle ne fait aucune impression sur la vapeur. Le liquide lui a dérobé complétement ses ondes efficaces. Enlevons le liquide; l'action chimique commence immédiatement et en un instant le tube, qui paraissait vide, se remplit d'un nuage brillant, précipité par une portion du faisceau et illuminé par une autre. Je replace le liquide: l'action chimique cesse instantanément. Je l'ôte encore: l'action recommence. Nous découvrons ainsi en partie les secrets du monde des molécules et des atomes.

L'analyse de M. Tyndall, que nous venons de reproduire d'après la traduction publiée par M. l'abbé Moigno, est un heureux commencement d'explication des faits de décomposition des corps par la lumière, un premier pas dans une voie qui doit conduire à d'importants résultats, notamment faire mieux comprendre le développement des végétaux sous l'influence de la lumière solaire.

Il faudrait, pour aller plus avant, mesurer les forces en jeu, en suivant la route indiquée par les recherches de thermo-chimie. Indiquons la nature des éléments en présence.

De l'éther. L'éther, la matière subtile de Descartes, est infiniment peu dense, mais sa densité n'est pas nulle. La vitesse de la lumière serait, si elle était nulle, infinie, elle est seulement très-grande, de 300,000,000 de mètres par seconde!

Des atomes chimiques. Les atomes des corps sont très-grands par rapport à ceux de l'éther; leur poids absolu est inconnu, leurs poids relatifs sont déterminés par la loi des équivalents; leur vitesse de vibration très-petite, engendrée par celle de l'éther ambiant, est en raison inverse de leur densité. Ainsi la vitesse de l'atome de l'hydrogène est de 1,600 mètres. (Voy. Gaz.)

Choc des corps. On sait que la force vive qui produit la compression mutuelle de deux corps en mouvement

qui se choquent ou un effet inverse capable de produire la rupture du lien qui les réunissait, est donné par la formule que l'on doit poser comme fondamentale en thermo-chimie.

$$\frac{MM'}{M+M'}(V \pm V')^2 = AQ;$$

Q étant la quantité de chaleur dégagée, A l'équivalent mécanique de la chaleur, M, V, la masse et la vitesse, appartenant à l'un des atomes d'une combinaison, M', V' à l'autre.

Cette quantité de travail est obtenue par la calorimétrie pour un poids donné, et par l'application de l'équivalent mécanique de la chaleur; elle apparaît lorsqu'on combine les éléments. Par suite, cette formule donnera le travail de l'éther consommé par la destruction de la même combinaison par la lumière.

Nous n'irons pas plus loin dans ce genre de considérations, nous ne ferons plus qu'une seule observation sur les phénomènes ci-dessus indiqués.

Des combinaisons produites par la lumière. Nous dirons un mot des combinaisons faites sous la même influence et qui semblent étranges mises en regard des effets de décomposition. C'est qu'en effet, pour les combinaisons, dans ce second cas l'intervention de la lumière n'est plus de même ordre; elle ne fournit pas la force vive qui détermine le phénomène, elle intervient seulement pour faire apparaître une action en un point, action qui se poursuit indépendamment d'elle.

Ainsi les atomes d'hydrogène et de chlore occupant un espace très-minime dans un mélange de ces gaz, sont sans action les uns sur les autres; mais lorsqu'ils sont impressionnés par un rayon lumineux, ils sortent de leur inertie relative, ils se mettent à vibrer dans des conditions propres à leur combinaison. Celle-ci ayant lieu en un point, il s'y dégage de la chaleur qui se communique aux atomes voisins, et tout le mélange se combine avec détonation. La condensation par un corps poreux produit de même cette combinaison.

La lumière, on le voit, n'intervient plus directement dans ce cas, comme dans les actions de réduction.

PHOTOGRAPHIE. Nous avons donné, à l'article PHOTOCHIMIE, ce que l'on sait sur l'action de la lumière pour déterminer des actions chimiques et avons vu combien la science est encore incomplète. La pratique est plus avancée et la photographie exercée par une foule de chercheurs, qui ont passé en revue toutes les substances possibles, ont combiné tous les procédés imaginables, est arrivée en peu d'années à de merveilleux résultats.

Chambre noire. La photographie a pour but de fixer les tableaux que forment les objets dans la chambre noire, et c'est en se servant constamment de celle-ci pour exécuter les toiles de son Diorama, que Daguerre se trouva possédé de l'idée de rendre indélébiles les images fugitives dont il admirait la finesse. On sait que c'est Porta, physicien napolitain, qui inventa la chambre noire dans la seconde moitié du seizième siècle. Il vit qu'en perçant un petit trou dans le volet fermé de la fenêtre d'une chambre privée de toute lumière, celle-ci pénétrant en faisceau venait projeter sur un écran blanc une image des objets extérieurs. En plaçant une lentille convexe dans l'ouverture, l'image prit une grande netteté.

Une caisse noircie et un objectif, voilà le point de départ de la photographie, et la perfection de la taille de ce dernier est indispensable pour obtenir de bons produits, des images non déformées par les imperfections de la lentille.

Objectif. La partie la plus essentielle de la chambre noire est sans contredit l'objectif, la lentille ou le système de lentilles qui assurent la convergence des rayons lumineux; il doit être achromatique. Les objectifs pour vues, pour reproduction de gravures, d'objets d'art, ont en général un long foyer, l'étendue de l'image qu'ils donnent est un peu plus de la moitié de leur distance focale; avec un long foyer, les images sont plus grandes, mais aussi elles ont une lumière moins intense. On affaiblit encore cette lumière en plaçant à distance, et devant ces objectifs, des diaphragmes qui, en revanche, augmentent beaucoup la netteté de l'image; l'opération pour les vues est donc beaucoup plus lente que pour les portraits, mais on conçoit que la question de temps est à peu près indifférente alors qu'il s'agit de reproduire des objets inanimés.

Les objectifs à portraits, ou ceux destinés à reproduire des groupes, des animaux vivants, doivent avoir un foyer très-court et un grand diamètre, afin d'opérer aussi rapidement que possible. Cependant il y a certaines limites qu'on ne peut dépasser impunément. Si l'objectif a un diamètre trop grand relativement à son foyer, l'image produite n'est nette qu'au centre.

La perfection de l'objectif est la condition essentielle pour l'obtention d'une image parfaite, et il faut qu'elle existe à divers points de vue. Non-seulement il faut que la lentille soit achromatiqne, il est encore utile que l'action chimique produite par la lumière ait son maximum d'action au foyer visuel de l'objectif; que le foyer chimique coïncide avec le foyer optique.

Il faut surtout que l'objectif ne produise pas de déformation, qu'il ait un champ suffisant, qu'il donne de la profondeur, c'est-à-dire qu'il reproduise bien des objets situés dans des plans différents, enfin qu'il donne beaucoup de lumière.

Ce sont ces diverses qualités que l'opticien doit s'efforcer d'obtenir simultanément pour faire un objectif photographique parfait; mais le plus souvent on est conduit à sacrifier un des avantages pour conserver les autres, et alors les objectifs deviennent convenables pour une seule des applications de la photographie: portraits, paysages, reproductions.

Les premiers objectifs employés étaient des objectifs simples, c'est-à-dire à un seul verre, et on reconnut bientôt que pour avoir de la netteté dans les contours, il convenait de ne laisser passer à travers la lentille que les rayons se rapprochant de l'axe optique, c'est ce qu'on a appelé diaphragmer; ainsi Daguerre, avec un objectif de $0^m,081$ de diamètre, employait un diaphragme de $0^m,027$ d'ouverture. Cet artifice présente l'inconvénient de perdre une grande quantité de lumière, et par conséquent de retarder l'impression lumineuse; on chercha à y remédier au moyen de l'objectif double ou à deux verres, qui, détruisant en partie l'effet des rayons obliques, permet par conséquent d'augmenter l'ouverture du diaphragme. (Voyez INSTRUMENTS D'OPTIQUE, *Complément*, pour la taille des verres.)

DAGUERRÉOTYPIE.

Sous ce titre M. Lerebours a décrit dans les précédentes éditions de cet ouvrage le procédé de Daguerre, c'est-à-dire la photographie sur doublé d'argent. Nous reproduirons ici ce travail.

La plaque de doublé d'argent, par la finesse des détails, l'inaltérabilité de ses dimensions, est toujours susceptible de recevoir certaines applications auxquelles les procédés habituellement employés aujourd'hui conviennent moins bien.

La première opération consiste, après avoir fait choix d'une plaque de doublé, à abattre ses angles, à courber légèrement ses bords et à la fixer sur la planchette à polir. On la saupoudre de tripoli extrêmement fin, on y verse quelques gouttes d'alcool, puis avec un fort tampon de coton on promène la pâte qui en résulte sur toute la surface, de manière à la sécher le plus unifor-

PHOTOGRAPHIE.

mément possible; cela fait, on recommence l'opération jusqu'à ce que la plaque soit devenue assez brillante.

Polissage. Ce n'est là que le poli préparatoire, le dernier s'obtient à l'aide d'une sorte de grand rabot en bois, long de 30 à 35 centimètres, sur lequel est collée une peau de daim pralablement dégraissée. Après avoir frotté plusieurs fois la plaque avec le tampon dont nous avons parlé, on la saupoudre de rouge à polir, et l'on promène vivement dessus le grand polissoir en peau. Ce frottement doit avoir lieu en croisant le sens du poli, et on doit le terminer dans un sens parallèle aux lignes horizontales de l'épreuve que l'on va exécuter. Le polissage est terminé quand la plaque a acquis un poli bien vif et sans raies.

Iodage. La plaque avivée comme nous venons de dire présente un beau poli. On l'expose au-dessus d'une double cuvette de porcelaine couverte d'une glace iodée, et contenant d'un côté de l'iode et de l'autre du chlorobromure de chaux; on la place d'abord au-dessus de l'iode, la face polie du côté de cette substance; on la regarde de temps en temps et on la laisse jusqu'à ce qu'elle ait pris une teinte *jaune rosé*, ou *jaune orangé*. On la reporte alors au-dessus de la seconde cuvette, et on l'en retire quand elle a acquis la teinte lilas foncé pour la remettre de nouveau sur l'iode, où on la laisse, sans la regarder, un peu moins de temps qu'il n'en avait fallu d'abord pour obtenir la teinte jaune orangé. Il faut alors la garantir de toute lumière et la mettre dans le châssis à coulisse qui doit la recevoir.

Exposition à la chambre noire. On dirige la chambre noire vers l'objet ou la vue que l'on désire reproduire; on regarde sur la glace dépolie l'image qui vient se peindre, on juge si l'éclairage est convenable, on ajuste au point de vue en éloignant ou en rapprochant ladite glace de l'objectif, puis on fixe le tiroir (fig. 1).

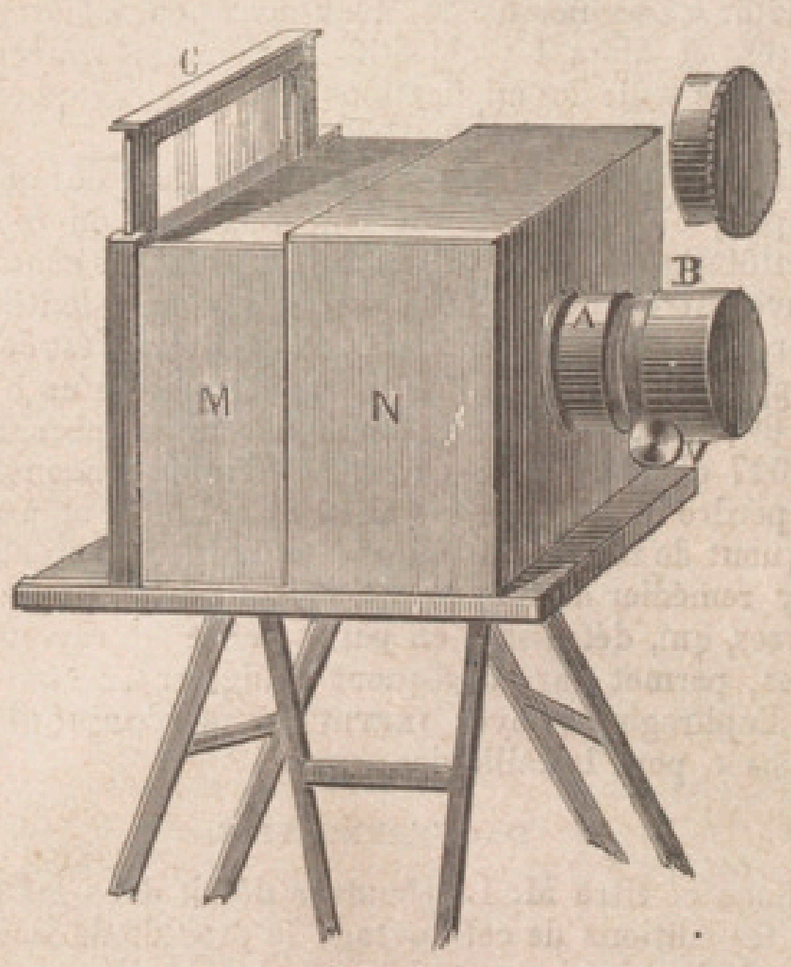


Fig. 1.

Reprenons le châssis dans lequel nous avons mis notre plaque préparée, et substituons-le dans la chambre noire à la glace dépolie; on démasque la plaque, puis ensuite l'objectif. S'il s'agit d'une vue et que l'objectif ait environ 40 centimètres de foyer, l'exposition sera à peu près sept minutes; si le foyer de l'objectif est plus long, l'exposition devra être prolongée; si, au contraire, l'objectif est destiné à faire des portraits, c'est-à-dire s'il a un grand diamètre non diaphragmé et surtout un court foyer, l'opération sera beaucoup plus prompte; avec une belle lumière elle ne sera que de quelques secondes.

Quand l'opérateur juge que l'exposition à la lumière a été assez prolongée, il abaisse la trappe qui doit de nouveau préserver la plaque impressionnée de toute lumière étrangère, et il la met dans la boîte à mercure.

Boîte à mercure. Dans le fond de cette boîte se trouve une capsule en tôle contenant du mercure que l'on chauffe à 60 degrés environ, en promenant dessous une lampe à l'alcool; au bout de trois à quatre minutes l'image est complétement formée; si on la laissait plus longtemps elle se voilerait: en l'éclairant avec une bougie à travers un verre jaune, on peut assister à sa formation.

Lavage à l'hyposulfite de soude. On verse à grands flots cette dissolution sur la plaque, et à l'instant elle se trouve débarrassée de l'iodure de mercure non attaqué qui se dissout; on la lave ensuite à grande eau, et on la place sur le pied à fixer.

Fixage au chlorure d'or. Cette opération n'existait pas dans le procédé de Daguerre; elle a pour but d'augmenter la valeur de ton de l'épreuve et de la rendre ineffaçable.

On place l'épreuve sur un support dont on établit l'horizontalité à l'aide de trois vis à caler; on verse la dissolution sur la plaque de manière à ce qu'elle en soit couverte, on chauffe en dessous avec une lampe à l'esprit de vin et on l'arrose aussitôt après le dégagement d'assez fortes bulles et un peu avant l'ébullition; il serait dangereux de trop chauffer, l'épreuve pourrait se voiler ou la plaque d'argent s'exfolier; l'épreuve serait alors complétement perdue.

PHOTOGRAPHIE SUR PAPIER.

La substitution du papier à la plaque d'argent a été un progrès considérable, surtout parce qu'elle a conduit à la possibilité de multiplier les épreuves des dessins, ce qui a donné à l'art nouveau un caractère industriel, a permis de faire de ses produits la base d'un important commerce.

Déjà Charles, en France, Wedgwood et Davy, en Angleterre, avaient obtenu directement et par transparence les images de certains corps par l'emploi du chlorure d'argent; mais ces images ne pouvaient être fixées, et d'ailleurs, de là à obtenir des images à la chambre noire, il y avait un abîme; aussi ces tentatives furent-elles abandonnées. C'est Talbot, en Angleterre, qui a le premier trouvé des matières assez impressionnables pour reproduire sur le papier les images si délicates de la chambre noire; c'est lui aussi qui, le premier, est parvenu à les fixer et à les rendre inaltérables. Pendant que Niepce et Daguerre travaillaient de leur côté, Talbot travaillait du sien. Disons, toutefois, qu'alors que Daguerre présentait son procédé, Talbot n'en était encore qu'aux images obtenues par transparence; mais grâce à sa persévérance, il ne tarda pas à donner une méthode complète qui, depuis, a servi de base à la photographie sur papier.

En France, M. Bayard est le premier qui s'en soit occupé avec succès; MM. Blanquard-Evrard et Legray lui ont fait faire d'immenses progrès. Nous allons décrire sommairement le procédé de Talbot, parce qu'il est la base de toutes les méthodes photographiques.

Du papier calotype. — Première opération. Après avoir fait choix du papier, qui doit être d'une belle pâte égale et bien homogène, on fait sur l'un des angles une marque au crayon, afin de reconnaître plus tard le côté sur lequel la préparation a été appliquée, puis avec un pinceau bien doux, on lave la feuille de papier, absolument comme si on faisait un ciel uni à l'aquarelle, avec une solution composée de 100 grains anglais de nitrate d'argent et de 6 onces d'eau distillée (1). Quand il est sec on le trempe dans une dissolution de 1 partie

(1) Mesures anglaises.

d'iodure de potassium dans 16 parties d'eau ; enfin on le plonge dans un vase plein d'eau. C'est là le papier iodé, on le fait sécher à l'abri de la lumière et on le conserve dans un portefeuille.

Deuxième opération. Quand on veut faire une épreuve, on mêle parties égales d'une solution de 100 grains de nitrate d'argent dans 2 onces d'eau distillée et d'une autre solution d'eau distillée saturée d'acide gallique cristallisé. Puis, avec un pinceau neuf, on passe ce *gallo-nitrate* d'argent sur la feuille de papier comme pour la première préparation ; on le laisse s'imbiber pendant environ une demi-minute, puis on le plonge dans l'eau, on le sèche ensuite avec du papier buvard et il est prêt à être mis à la chambre noire. C'est là le papier calotype.

Troisième opération. La durée de l'exposition à la chambre noire ne peut être fixée; elle varie suivant le foyer de l'objectif employé et suivant l'éclairage de l'objet.

Quand on retire la feuille de papier de la chambre noire, il n'y a aucune trace d'image ; on la fait développer en la lavant de nouveau avec le gallo-nitrate d'argent, et en l'exposant pendant une ou deux minutes devant un feu doux : on voit alors tous les détails du tableau apparaître comme par enchantement.

Quatrième opération. Il reste à fixer l'épreuve : pour cela on la plonge d'abord dans l'eau, puis dans une dissolution composée de 10 onces d'eau et de 100 grains de bromure de potassium. On la lave de nouveau dans l'eau et on la sèche.

Cinquième opération. L'image ainsi obtenue est négative, c'est-à-dire que les parties blanches des objets sont représentées par des noirs, et réciproquement. Mais si on place sous cette épreuve une feuille de papier calotype, cette feuille nouvelle deviendra une épreuve dans laquelle les ombres et les lumieres seront dans l'ordre naturel.

Papier ciré de M. Legray. Une innovation très-importante fut introduite par M. Legray : nous voulons parler du cirage du papier négatif, avant qu'il ait reçu aucune préparation. En effet, le papier ciré est ferme et résistant comme le parchemin, ce qui facilite beaucoup les manipulations subséquentes; il se conserve prêt à mettre à la chambre noire pendant plus de huit jours, et l'on peut attendre le même temps pour faire développer l'image; enfin il donne des noirs très-intenses et des demi-teintes très-harmonieuses. Nous n'en dirons pas plus sur ce procédé abandonné aujourd'hui pour les suivants, l'emploi des négatifs sur verre donnant des résultats infiniment supérieurs à ceux que peut donner le papier le plus régulier, le mieux fabriqué.

PHOTOGRAPHIE SUR VERRE.

Il y a deux méthodes pour obtenir des négatifs sur verre : la première, due à M. Niepce de Saint-Victor, consiste dans l'emploi de l'albumine; dans la seconde, dont plusieurs auteurs se disputent la priorité, on emploie le collodion.

Comme pour la photographie sur papier, la photographie sur verre consiste : 1° à rendre la surface sensible à la lumière; 2° à exposer cette couche sensible à la chambre noire ; 3° à faire développer l'image; 4° à rendre cette image inaltérable à l'action de la lumière.

Photographie sur verre, à l'albumine. Prenez des blancs d'œufs, ajoutez-y 100 grammes d'iodure de potassium ou d'iodure d'ammoniaque; battez en neige ce mélange ; laissez-le reposer un nuit, et le lendemain décantez le liquide visqueux qui s'est déposé, pour vous en servir à la préparation de vos glaces.

Avant d'appliquer la préparation sur la glace, il faut avoir soin de la bien laver à l'eau et de l'essuyer parfaitement avec du papier de soie.

On la pose alors sur une feuille de papier blanc, et on la polit parfaitement avec un tampon de coton en évitant de la toucher avec les doigts.

La réussite de l'épreuve est due en grande partie à l'égalité de la couche d'albumine et à la propreté de la glace. Quand on a obtenu une couche égale et infiniment mince, on la retourne sens dessus dessous et on la laisse sécher à l'abri de la poussière.

Pour *sensibiliser* cette couche d'albumine, on la plonge d'un seul coup dans une cuve verticale de gutta percha contenant le bain suivant :

Eau distillée.	300 gr.
Azotate d'argent.	24
Acide acétique.	30

Après avoir laissé tremper la glace deux ou trois minutes, on la retire, on la laisse sécher dans l'obscurité, et elle peut se conserver dans cet état deux ou trois jours avant d'être mise dans la chambre noire.

L'opération de la chambre noire ne demande aucune explication particulière; seulement l'exposition dure un peu plus longtemps que pour le papier ciré.

Le développement de l'image s'obtient soit avec un bain d'acide gallique, soit avec un bain saturé de protosulfate de fer.

L'épreuve se fixe par les mêmes procédés que l'image négative sur papier.

Les positifs se tirent de la même façon, quel que soit le procédé employé pour produire le négatif; il en sera traité ci-après.

Procédé au collodion humide. Nous en arrivons au procédé usuellement pratiqué aujourd'hui par tous les photographes; aussi entrerons-nous dans quelques détails pratiques en suivant les indications d'un habile praticien, M. A. Chevalier.

La glace doit être préférée au verre, car non-seulement le verre se nettoie moins facilement et présente une foule d'impuretés, telles que raies, bulles, aspérités, etc., mais, comme il n'est point parfaitement plan, il casse facilement par la pression dans les châssis employés pour obtenir les positifs.

Le nettoyage ou polissage de la glace est une des conditions essentielles pour arriver à un bon résultat, et l'on peut dire qu'il est de moitié dans la réussite d'un négatif.

Au moment d'opérer, fixez votre glace sur la planchette à polir et préparez dans un flacon un mélange assez épais de tripoli et d'alcool, ou mieux encore de collodion et de tripoli, ce qui dégraisse beaucoup mieux; puis étendez ce mélange sur la glace au moyen d'un fort tampon de coton, puis séchez avec un deuxième et un troisième tampon que vous avez le soin de faire assez large pour que la main ne se trouve jamais en contact avec la glace; quand vous avez ainsi nettoyé un côté, vous retournez la glace et recommencez de l'autre côté la même opération, que vous terminez cette fois en versant sur la glace quelques gouttes d'éther, que vous séchez avec un dernier tampon recouvert d'une peau de chamois qui ne doit servir qu'à cet usage et être assez souvent renouvelé. Passons en revue la préparation des diverses liqueurs qu'il faudra successivement employer.

Collodion normal. Le collodion, dissolution de fibre végétale pouvant former un vernis fin de cellulose, d'une parfaite homogénéité, s'obtient par la dissolution du coton-poudre dans l'alcool et l'éther dans les proportions suivantes :

Éther à 62°.	650 gr.
Alcool à 40°.	350
Fulmi-coton.	8

Cette dissolution, étendue sur la glace, prend en séchant une certaine consistance qui la rend propre à recevoir un iodure quelconque, lequel, combiné avec le nitrate d'argent, forme l'iodure d'argent sensible à la lumière. Le collodion normal, pour rester dans de bonnes

PHOTOGRAPHIE.

conditions, doit être préparé quelque temps d'avance (15 jours environ); il acquiert en vieillissant une limpidité plus grande (point très-important); néanmoins on peut s'en servir de suite, mais on comprendra que les parcelles les plus imperceptibles de coton en suspension dans le liquide en troublent la pureté, malgré un filtrage réitéré.

Liqueur pour iodurer le collodion normal. Parmi beaucoup de formules, nous citerons la suivante. Faites dissoudre dans

100 grammes alcool à 40°,
2 » iodure de potassium,
4 » » d'ammonium,
6 » » de cadmium,
5 » bromure de cadmium.

L'iodure de potassium ne se dissolvant pas facilement dans l'alcool, le tout devra être pilé dans un mortier en cristal spécialement consacré à cet usage.

Cette liqueur, après parfaite dissolution, sera filtrée au coton et servira à iodurer le collodion normal indiqué plus haut; ainsi préparé, il peut se conserver fort longtemps.

On peut n'en iodurer que par petite quantité, soit:

10 grammes de liqueur dans
100 » collodion normal.

Cette préparation doit se faire au moins douze heures avant d'être employée.

Bain d'argent négatif.

Eau distillée.	100 gr.
Nitrate d'argent.	10

Toutes les préparations au nitrate d'argent doivent être faites à l'eau distillée, dans le cas où on ne pourrait se procurer de l'eau de pluie, recueillie dans un vase de verre ou de porcelaine, enfin pure de tout contact avec conduits, gouttières, etc.

Le bain d'argent doit être généralement maintenu au degré ci-dessus; pour cela il est bon, quand on a sensibilisé un certain nombre de glaces, de le peser au moyen du pèse-sels et de le remettre au poids s'il y a lieu. Il est des cas pourtant où ce bain peut être à un degré moins élevé: l'été par exemple, 6 à 7 degrés suffisent, pour le paysage de 5 à 6, pour les positifs sur verre de 3 à 4. Mais en hiver, et pour le portrait, il ne faut pas le descendre au-dessous de 10 pour 100, sous peine de n'obtenir que des clichés faibles et longs de pose.

Bain de fer révélateur.

Eau filtrée ordinaire.	100 gr.
Sulfate de fer.	7
Acide acétique.	4
Alcool.	10

En hiver, on peut élever la dose du sulfate de fer à 10 pour 100 au lieu de 7.

Après dissolution à chaud, on doit filtrer. Ce bain se conserve indéfiniment; on a même remarqué qu'il devenait meilleur en vieillissant: il est donc préférable d'en préparer une certaine quantité à la fois.

Bain pour renforcer le négatif.

Eau distillée.	100 gr.
Nitrate d'argent.	4

Bain fixateur.

Eau ordinaire.	100 gr.
Hyposulfite de soude.	40

Le bain d'argent est placé dans la cuvette à recouvrement, et le collodion dans un flacon dont on a toujours le soin d'essuyer le goulot avec un papier de soie, afin qu'aucune parcelle de collodion séché ne vienne faire épaisseur sur la couche.

Reprenons la suite des opérations. Avant de verser le collodion sur la glace, on passe légèrement un blaireau bien propre dont l'emploi est de chasser autant que possible cette légère poussière toujours en suspension dans l'air; puis tenant la glace de la main gauche par l'angle inférieur, vous versez le collodion doucement.

La glace ayant toujours la même pente, il est bon de lui imprimer un léger balancement de droite à gauche, pour faire disparaître le striage que le collodion, quelque léger qu'il soit, forme toujours. Si l'on mettait immédiatement la glace au bain, le collodion trop humide se détacherait et s'en irait en morceaux; une minute suffit pour qu'il soit assez sec; mais comme, suivant la température et la quantité d'éther qu'il renferme, il sèche plus ou moins vite, il est bon de s'en assurer en appuyant légèrement le doigt à l'angle inférieur. S'il en retient bien l'empreinte, il est bon à sensibiliser; alors inclinez la cuvette de manière à ce que la presque totalité du liquide se trouve vers le recouvrement. Placez alors la glace, le collodion en dessus, dans la partie de la cuvette restée à sec, et, par un mouvement rapide, faites revenir le liquide de manière à ce qu'il couvre entièrement la glace, et cela sans temps d'arrêt ni retrait, ce qui occasionnerait sur la couche des raies et des marbrures.

La sensibilisation au bain d'argent ne demande que trois à quatre minutes. Pour s'assurer si elle est complète, on devra, au moyen d'un crochet d'argent, soulever la glace hors du bain. Si elle ne présente plus l'aspect huileux que produit le liquide en se retirant, on peut la sortir du bain et la faire égoutter sur un matelas de papier buvard. Il est bon aussi, pour la propreté du châssis, de l'essuyer par derrière avec un tampon de papier de soie; le châssis lui-même sera essuyé chaque fois qu'il recevra une nouvelle glace, non seulement à cause de la poussière, mais aussi pour enlever le nitrate que la glace précédente y aura déposé.

Il est bien compris que cette opération, ainsi que celle du développement, doit se faire à l'abri de toute lumière blanche: en conséquence, le laboratoire sera éclairé par une fenêtre garnie de verre ou de papier jaune, ou par une lanterne également garnie de verre jaune ou rouge.

La mise au point peut s'effectuer avant ou après la sensibilisation de la glace. En hiver, il n'y a pas d'inconvénient à mettre cinq, six et même dix minutes, entre la préparation et la pose; mais l'été, il est bon d'avoir tout disposé d'avance.

Mise au point. — Pose. La mise au point de l'objectif est fort simple au point de vue physique; le modèle devra, autant que possible, ne pas présenter de plans trop avancés.

Lorsqu'on sera arrivé à la netteté voulue de l'image sur la glace dépolie, on remplacera celle-ci par le châssis renfermant la glace préparée, que l'on démasquera en levant la planchette à coulisse du châssis.

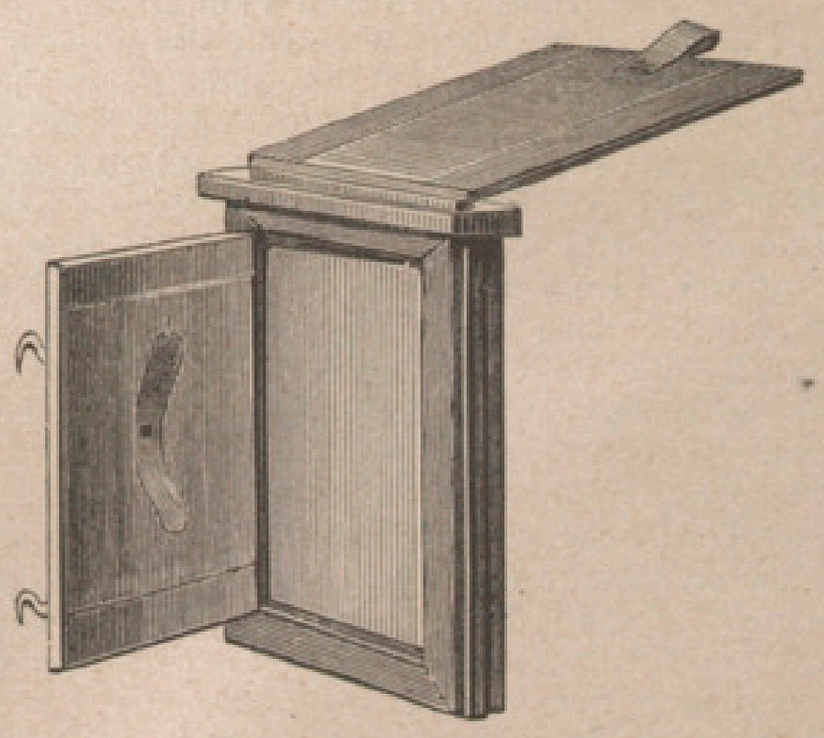


Fig. 2.

La figure 2 représente le châssis dans lequel se trans-

porte la glace sensibilisée. La planche n'est levée que quand on va opérer.

Le temps de pose varie à l'infini, et par tant de causes différentes qu'on ne peut l'indiquer que par quelques règles générales. Le plus ou moins de rapidité du collodion, la force du bain d'argent, la lumière, la température, le sujet à reproduire, le foyer de l'objectif, etc., tous ces motifs font varier le temps de la pose.

Pour le portrait, dans un atelier spécial, par une bonne lumière, on posera de quinze à vingt secondes, en plein air de quatre à dix secondes; un paysage où la verdure dominera demande de quinze à ving-cinq secondes; pour un monument fortement éclairé, la pose sera beaucoup moindre; enfin, pour une peinture, il faudra compter par minutes.

C'est pour la pose, la disposition, etc., que l'art intervient et que les artistes obtiennent des produits si supérieurs à ceux des praticiens qui n'ont que l'habitude des opérations. Il n'y a pas de conseils à donner pour ce qui est du domaine de l'art, mais on lira avec intérêt quelques conseils pratiques de M. Liébert relativement à l'action de la lumière.

« L'action chimique de la lumière varie beaucoup selon l'état de l'atmosphère; par un jour beau et clair, elle sera plus rapide que par un temps couvert et sombre. La lumière, pour agir sur les substances chimiques employées pour la formation de l'image photographique, doit être blanche. La lumière du gaz, d'une bougie, même celle du soleil traversant un verre jaune, n'a, en quelque sorte, aucune action sur les sels d'argent. La lumière électrique, la lumière au magnésium, avec celle du soleil, les fait noircir.

« Toutes les couleurs ne se reproduisent pas également vite; ainsi le noir, le rouge, le jaune et le vert sont beaucoup plus longs à s'impressionner que le blanc, le bleu, le lilas, le rose. On devra donc tenir compte des couleurs du modèle à reproduire pour se guider sur la durée de l'exposition.

« Pour les vues naturelles, les conditions de lumière qui sont préférables sont celles qui placent les points du paysage à reproduire dans un éclairage d'une intensité à peu près égale partout, à l'heure où le soleil, aux environs du zénith, projette la lumière de haut, parce qu'alors les ombres portées sont peu considérables. Les levers et couchers du soleil, si beaux en nature, se traduisent très-mal en photographie, en raison des couleurs peu photogéniques qui se reflètent en rouge sur tout l'ensemble du paysage. On devra donc choisir l'instant où le sol, sous le rapport de l'éclat, se trouve en harmonie aussi grande que possible avec le ciel, pour que tous les objets produisent une impression à peu près égale à la chambre noire; on évitera ainsi la solarisation. »

Revenons à la suite des opérations. La pose terminée, on referme la coulisse du châssis et l'on rentre dans le laboratoire pour procéder au développement, c'est-à-dire à l'apparition de l'image latente.

Développement. On prépare dans un verre une certaine quantité du bain de fer; puis, retirant la glace du châssis, on la place sur un support, ensuite on verse une nappe de liquide sur le collodion, de manière que la glace en soit couverte en même temps dans toutes ses parties, et surtout sans temps d'arrêt, ce qui formerait des taches persistantes. Il faut aussi avoir le soin de ne pas le verser sur l'image, mais au bord de la glace, enfin à un endroit sacrifié, car, où le fer tombe, l'image est presque toujours altérée. Il faut aussi avoir soin que tout le liquide ne se perde pas, car on devra le faire revenir et le balancer quelques secondes en tous sens sur la glace, jusqu'à ce que l'image soit venue dans toutes ses parties et surtout dans les ombres, les grandes lumières venant toujours assez vite. Quand on remarque que le cliché n'augmente plus d'intensité, et que le liquide est devenu boueux, on lave à l'eau ordinaire sous un robinet dont le jet ne sera pas trop fort, car il pourrait déchirer le collodion. Si le temps de pose a été juste ce qu'il devait être, ce qui arrive à peine une fois sur dix, le cliché sera parfait dans toutes ses parties, les grandes lumières ne seront pas trop dures, trop opaques; les ombres, tout en conservant leur transparence, auront aussi leurs détails; enfin, les demi-teintes seront accusées dans leur juste valeur; mais, je le répète, il est très-difficile d'arriver juste à point, et le but de l'opération dite *renforcement* est d'obvier aux inconvénients d'une pose trop ou pas assez prolongée.

Si le cliché présente dans tout son ensemble une teinte grise, uniforme, où lumières, demi-teintes et ombres ont à peu près la même valeur, la pose aura été trop longue.

Si les grandes lumières et les ombres offrent un contraste trop frappant, et que les demi-teintes soient presque nulles, la pose a été trop courte.

Quand il y a excès dans l'un ou l'autre cas, il y a peu de parti à tirer d'un pareil cliché, et il vaut mieux recommencer. Mais quand la différence n'est pas exagérée, on peut ramener le négatif à de très-bons effets au moyen du renforcement, et voici comment on procède:

Après un lavage prolongé à l'eau ordinaire, on verse sur la glace quelque peu de la solution d'argent à 4 pour 100, dont on rejette l'excédant dans le verre qui doit contenir un nouveau bain de fer; alors on verse, comme pour le premier développement, en nappe et sans temps d'arrêt, ce bain de fer; puis on lave et l'on consulte de nouveau par transparence. Si l'épreuve n'a pas encore atteint l'intensité voulue, on recommence autant de fois qu'il est nécessaire, en ayant soin de bien laver chaque fois.

Après le complet développement du négatif, on le lave encore et on le fixe en le plongeant quelques minutes dans le bain d'hyposulfite, dont le but est d'enlever ce qu'il reste d'iodure d'argent libre qui, sous l'action de la lumière, noircirait et perdrait infailliblement le cliché.

Après ce fixage, il faut laver avec beaucoup de soin pour enlever toute trace d'hyposulfite, lequel en séchant cristalliserait et détruirait complétement l'image. On laisse alors sécher.

Pour rendre le cliché inaltérable et pouvoir le conserver sans inconvénient, il est bon de le vernir au moyen d'un vernis spécial qu'on applique de la même manière que le collodion, en chauffant avant et après. Bien entendu, le cliché doit être parfaitement sec avant de recevoir le vernis.

Ce cliché est un négatif, c'est-à-dire que les noirs sont les blancs du modèle.

Tirage des épreuves positives sur papier. Le cliché négatif produit sur un verre transparent donne une épreuve positive quand on l'applique sur une feuille de papier sensibilisé que l'on expose à la lumière. Les rayons solaires traversent les parties blanches du cliché et dessinent les ombres sur le papier. Le papier est sensibilisé à l'aide du chlorure d'argent, mélangé de nitrate d'argent, qui noircit rapidement à la lumière et prend des teintes riches quand on fait intervenir une substance organique, comme l'amidon, l'albumine ou la gélatine.

Le papier que l'on emploie presque toujours est collé à l'albumine (opération facile à pratiquer avec un blanc d'œuf) et imprégné de chlorure de sodium et d'ammonium; il se trouve tout préparé dans le commerce.

On sensibilise les feuilles de ce papier en posant le côté préparé sur un bain composé de 18 à 20 parties de nitrate d'argent pour 100 d'eau distillée. Après trois ou quatre minutes de contact, on relève la feuille et on la suspend pour la laisser complétement sécher.

Ces feuilles séchées sont placées dans un châssis rectangulaire, au fond duquel est placée une glace.

On place le négatif sur cette glace, le côté de l'épreuve

en dessus et sur celui-ci on applique la face sensibilisée de la feuille positive; puis le châssis fermé, on l'expose à la lumière plus ou moins longtemps suivant l'intensité de la lumière. Dès les premiers moments de l'exposition, le papier positif se teinte plus ou moins, suivant qu'il est plus ou moins protégé par les noirs du cliché.

Après une exposition suffisamment prolongée, on procède au fixage.

Une épreuve qui serait fixée simplement par un lavage à l'hyposulfite de soude prendrait un ton roux désagréable; on modifie cette teinte en employant des solutions d'or, opération que l'on appelle le virage.

Toutes les opérations de fixage et de virage doivent être faites à une faible lumière.

Les épreuves lavées avec de l'eau un peu alcaline sont immergées dans une solution d'or, composée de : chlorure d'or, un gramme ; acétate de soude, 10 ou 30 grammes ; eau distillée, un litre. Sous l'influence de ce bain, l'image devenue rouge, par les lavages précédents passe rapidement au ton bleu. La teinte voulue obtenue, les épreuves sont lavées, puis fixées dans une solution d'hyposulfite de soude ou de sulfo-cyanure alcalin à 20 pour 100. Après dix minutes d'immersion, on les retire et on les lave à huit ou dix eaux.

Les épreuves lavées sont séchées entre des buvards, coupées d'équerre, collées sur bristol, satinées et glacées après avoir été frottées avec une flanelle, et en employant une petite quantité d'un mélange de cire blanche et de térébenthine.

Disons que, dans la pratique, le travail se complique de retouches qui demandent des mains exercées. C'est avec un pinceau fin et un peu d'encre de Chine que l'on efface les pointillés, les petites taches qui peuvent se trouver sur le cliché, les taches ou marbrures qui peuvent apparaître sur l'épreuve. Souvent l'artiste va plus loin, retouche les yeux, fait des plis dans les parties blanches, etc., etc. Mais ceci dépend de l'habileté de l'artiste; il n'y a plus de règles à donner.

PHOTOGRAPHIE AU CHARBON. Les épreuves obtenues par les procédés précédents n'ont pas, quelle que soit l'habileté des opérateurs, une durée indéfinie. Après quelques années elles se ternissent, jaunissent et s'effacent. Il était donc bien désirable de remplacer les sels d'argent par des poudres inaltérables, par du charbon divisé.

Le problème semblait insoluble et cependant a été résolu en s'éloignant singulièrement du point de départ de la photographie, grâce à la découverte de M. Poitevin, la plus féconde peut-être qui ait été faite depuis l'origine de la photographie.

C'est vers 1855 que M. Poitevin, ingénieur civil, cherchant à améliorer les procédés d'hélio-gravure dont nous allons traiter ci-après, ouvrit la route conduisant à l'exécution de dessins inaltérables, en faisant cette belle découverte :

Qu'un mélange de bichromate de potasse et de corps organiques gommeux ou mucilagineux (albumine, gélatine, gomme arabique, etc.) donne une matière insoluble après une exposition à la lumière, par suite d'une réduction partielle de l'acide chromique libre.

Il basa sur cette propriété le moyen d'obtenir des épreuves avec des poudres diverses, charbon, sanguine, etc., ou bien avec de l'encre grasse. Quelques épreuves de ce genre furent assez satisfaisantes pour être admises, en 1855, à l'Exposition universelle, parmi les produits à bon marché, et valurent à leur auteur une mention honorable. A cette époque, M. Poitevin opérait de deux manières : 1° en recouvrant le papier d'un mélange qu'il soumettait à l'action de la lumière au travers d'un cliché négatif, puis en appliquant au tampon de l'encre grasse sur le papier; l'encre grasse ne restait qu'avec les parties devenues insolubles, et lorsqu'on lavait le papier avec de l'eau, la surface

présentait un dessin positif; 2° dans la seconde méthode, il appliquait sur du papier une couche uniforme d'un mélange de bichromate de potasse et d'albumine, ou de gélatine et d'un autre corps uni à une substance colorante en poudre, telle que le charbon. Après la dessiccation de cette couche dans l'obscurité, si l'on impressionnait ce papier pendant quelques minutes à la lumière sous le cliché négatif, et qu'on vînt à le laver à l'eau ordinaire, froide ou tiède, suivant la matière organique employée, on trouvait que les parties non impressionnées se dissolvaient et que le dessin en couleur inerte apparaissait retenu et emprisonné par la matière organique devenue insoluble dans toutes les parties qui avaient subi l'action de la lumière, et cela dans la proportion de l'intensité lumineuse active.

M. Poitevin, en continuant ses recherches, essaya de reproduire les images positives au moyen d'autres substances actives que les précédentes. Il reconnut qu'un mélange de perchlorure de fer et d'acide tartrique, étendu sur du papier, n'est pas hygroscopique, mais qu'il le devient rapidement si la lumière vient à le frapper ; c'est précisément l'inverse de ce que sir John Herschell avait remarqué en 1842, au sujet de l'ammonio-citrate de fer, et de ce que MM. Garnier et Salmon avaient vu en opérant avec un mélange de sucre et de bichromate de potasse. En partant de là, M. Poitevin fut conduit à une nouvelle méthode de production des images au charbon, méthode qui consiste à placer le cliché négatif sur une surface en verre recouverte ainsi par un mélange d'acide tartrique et de perchlorure de fer, à exposer ces surfaces à l'action de la lumière, puis ensuite, dans l'obscurité, à promener sur le verre un pinceau en blaireau contenant de la poudre de charbon, ou une poussière quelconque. Cette poussière adhère aussitôt aux parties qui ont été impressionnées par la lumière et qui sont devenues hygroscopiques, c'est-à-dire sur les noirs de l'image positive. On verse alors une couche de collodion sur la lame du verre, puis on reporte sur une feuille de papier cette couche, qui emporte avec elle tout ce qui s'est déposé sur le verre, et le dessin se trouve ainsi transporté sur le papier.

Cette opération se fait avec une sûreté et une rapidité vraiment étonnantes, et il faut en avoir été témoin pour en comprendre toute la simplicité. Les ombres étant formées soit par du charbon en poudre, soit par de la plombagine, de la sanguine, ou une poudre colorante quelconque, on conçoit, que non-seulement ces épreuves positives ont toutes les qualités de durée que l'on doit désirer, mais encore qu'elles sont obtenues à l'aide d'une méthode essentiellement pratique, conduisant aux émaux et vitrifications fort recherchées aujourd'hui.

Le procédé Poitevin, entre les mains d'habiles praticiens, est devenu tout à fait pratique, et on rencontre des photographies au charbon inaltérables, qui sont de tout point parfaites.

APPLICATIONS DE LA PHOTOGRAPHIE. Les applications de la photographie se multiplient chaque jour, et on le comprend facilement quand on songe à tout le travail qu'elle permet de remplacer par l'action seule de la lumière. Nous aurons à revenir, dans des articles spéciaux sur plusieurs de ces applications, surtout quand les progrès qui s'accomplissent chaque jour en auront fait de véritables industries. Nous passerons ici en revue les principales.

Réductions. — *Agrandissements.* Le faisceau lumineux projeté par la lentille, étant conique, peut donner des images d'un objet aussi petites que l'on voudra, en raison de la distance du foyer à laquelle on placera la surface sensibilisée. C'est sur cette propriété qu'est fondée la photographie microscopique, qui a produit de véri-

tables chefs-d'œuvre. On réduit ainsi couramment toute espèce de plans et dessins.

Inversement, en employant une espèce de mégascope (Voy. INSTRUMENTS D'OPTIQUE) on grandit à volonté un dessin, on obtient des figures de grandes dimensions d'objets microscopiques, figures d'un grand prix pour l'étude de l'histoire naturelle.

Levé des plans. Nous décrivons ici l'appareil imaginé par M. Chevalier pour cette application de la photographie.

L'objectif d'une chambre noire spéciale étant dirigé vers les points saillants de l'horizon, les faisceaux lumineux qui l'ont traversé sont déviés de 90 degrés par un prisme, et les images viennent se former sur le plan horizontal. Le plateau qui porte l'objectif reçoit un mouvement de rotation

L'écran récepteur est une glace collodionnée; elle est maintenue fixe dans l'intérieur du disque obturateur dans lequel elle est rigoureusement centrée, de telle sorte qu'en découvrant l'obturateur, la lumière fasse tache au centre même de la glace sensibilisée.

Si, sans autre précaution, on opérait par un mouvement de rotation continu, les images qui se modifient à chaque instant se superposeraient les unes aux autres, et, la surface sensible les gardant toutes, il y aurait confusion complète. Il était donc nécessaire de recourir à un dispositif tout à fait spécial.

La totalité de la surface sensible est recouverte par un écran opaque entraîné par le plateau, dans lequel est ménagée une fente très-étroite, dont la ligne médiane passe par l'axe de rotation et se trouve dans le plan vertical passant par l'axe optique.

Cette disposition permet d'appliquer un mouvement continu, et, lorsque l'appareil a fait une révolution complète, la surface sensible indique matériellement et exactement les angles que font entre eux et le point de station, tous les points de l'horizon qui se sont présentés successivement dans le champ optique de l'instrument.

HÉLIOCHROMIE. Wollaston, Davy, Seebeck et John Herschell avaient depuis longtemps remarqué que les impressions développées par le chlorure d'argent dans les diverses parties du spectre y prennent à peu près la couleur des rayons mêmes qui les ont produites. Ces expériences ont été reprises et très-améliorées par M. E. Becquerel.

Il plonge une lame de plaqué d'argent dans de l'acide chlorhydrique étendu et la fait communiquer avec le pôle positif d'une pile. Elle se couvre aussitôt d'une couche mince de chlorure d'argent qui prend, en augmentant d'épaisseur, les teintes successives des anneaux de Newton.

On arrête l'opération quand on a obtenu pour la deuxième fois une teinte violette. On lave et on sèche la plaque; on la polit avec du tripoli fin et on la recuit jusqu'à 100 degrés. Toutes ces opérations doivent être faites dans l'obscurité. On expose alors la plaque pendant une heure ou deux à l'action d'un spectre solaire réel, bien immobilisé par un héliostat, et on voit peu à peu naître l'impression. Elle se compose d'abord d'une traînée couleur puce foncée qui précède le rouge et qui est due aux chaleurs obscures. A l'extrémité opposée du spectre, de H en T (en indiquant par des lettres de A en T les principales raies du spectre), les rayons ultra-violets marquent une teinte grisâtre très-prolongée, et enfin les lumières ont peint leurs couleurs respectives entre A et H avec un maximum d'éclat au point même où le spectre lumineux présente sa plus grande intensité. Le jaune est un peu pâle, mais le rouge, le vert et le violet sont reproduits avec leur propre teinte.

Quand on veut obtenir les objets avec leurs couleurs propres, il est nécessaire d'enlever les radiations obscures, ce qu'on fait en protégeant la plaque: 1° par une auge pleine d'eau qui éteint les chaleurs obscures; 2° par une couche de sulfate de quinine qui arrête les rayons chimiques. Cela fait, une gravure coloriée qu'on met sur la plaque se reproduit avec ses blancs, ses noirs et ses enluminures; et même une poupée objective dont on produit l'image dans une chambre obscure se peint avec ses formes et ses couleurs.

On comprend toutes les espérances que ces résultats ont fait concevoir; mais malgré tous les efforts de chercheurs ingénieux, de M. Niepce notamment, on n'a pu avancer plus loin. Toutes les tentatives ont échoué devant une difficulté qui n'a pu être vaincue, l'altération fatale et rapide des images. Au point de vue théorique, dit M. Jamin, on peut caractériser ainsi qu'il suit cette remarquable action. En recevant une lumière simple, celle qui est jaune, par exemple, la surface de la plaque est soumise à des vibrations d'une certaine durée, et sous cette influence mécanique elle éprouve une modification qui la rend apte à continuer et à transmettre par diffusion ces mêmes vibrations, comme une corde tendue se met à vibrer sous l'influence du son qu'elle rend elle-même. Si donc on éclaire par la lumière blanche la plaque ainsi modifiée, elle éteindra toutes les vibrations discordantes et ne rendra que la vibration jaune, celle dont elle a pris la périodicité. Mais si l'action de cette lumière blanche se continue, comme la plaque n'a pas perdu sa sensibilité, elle éprouve une nouvelle impression qui affaiblit d'abord, dissimule ensuite la première, et qui altère nécessairement l'image.

DE L'HÉLIOGRAVURE.

La multiplication des épreuves photographiques, qui est obtenue au moyen d'un cliché, est une opération complexe comparativement au tirage des gravures diverses obtenu par un encrage et une pression. En vue surtout des publications, on a redoublé les efforts pour produire, à l'aide de la lumière seule, des surfaces gravées pouvant servir à tirer des épreuves, des gravures semblables à celles que l'artiste crée par un long travail.

Niepce, le collaborateur de Daguerre, sentit le premier de quelle importance serait l'application de la gravure aux images héliographiques. Il se servait de bitume de Judée dissous dans l'essence de lavande, il appliquait ce vernis au tampon sur des plaques de cuivre ou d'étain, puis il appliquait le recto d'une gravure sur la plaque et il exposait à la lumière; après quelques heures d'exposition, il lavait la plaque avec un dissolvant composé d'huile de pétrole et d'essence de lavande. Cette opération avait pour but d'enlever le vernis de toutes les parties qui avaient été préservées de la lumière, tandis que celles qui avaient été impressionnées devenaient insolubles. Les résultats du procédé de Niepce ne confirmèrent pas l'espoir qu'il en avait conçu.

Lorsqu'on sut obtenir des images sur plaque de doublé, le docteur Donné se livra à de nombreux essais pour transformer les épreuves daguerriennes en planches gravées, par une morsure à l'acide. L'agent employé était l'acide nitrique étendu d'eau, mais on rencontra dans la pratique l'inconvénient suivant. Si l'on cesse de faire mordre trop tôt, les noirs n'ont aucune vigueur; si on prolonge l'action, les blancs sont attaqués et deviennent gris. La difficulté de ménager les blancs a fait renoncer à ce procédé.

Plusieurs personnes ont tenté de résoudre le problème en utilisant les ressources qu'offre la galvanoplastie; c'était, avec d'autres éléments dont nous parlerons plus loin, la voie du succès. M. Grove, M. Fizeau suivirent les premiers cette direction.

Voici le procédé assez compliqué, mais le moins imparfait dû à ce dernier:

« Un acide mixte, composé avec les acides nitrique, nitreux et chlorhydrique, est le plus convenable pour la morsure; on opère assez bien aussi avec une dissolution de bichlorure de cuivre, mais d'une manière moins parfaite.

« Lorsqu'on soumet une image daguerrienne, dont la surface est bien pure, à l'action de cet acide, surtout à chaud, les parties blanches ne sont pas altérées, tandis que les parties noires sont attaquées avec formation de chlorure d'argent adhérent, dont la couche insoluble arrête bientôt l'action de l'acide.

« Une dissolution d'ammoniaque, employée alors, entraîne cette couche de chlorure d'argent et permet de soumettre de nouveau la planche à l'action du même acide, qui, agissant de la même manière, augmente la profondeur des parties noires.

« En opérant ainsi, en plusieurs fois on parvient à transformer la planche daguerrienne en une planche gravée d'une grande perfection, mais généralement de peu de profondeur, de sorte que les épreuves imprimées sur papier n'ont pas la vigueur convenable.

« A cette dernière opération il a donc été nécessaire d'en ajouter une seconde, qui permet de creuser plus profondément les parties noires de l'image. Cette seconde opération consiste à dorer les parties saillantes, ou les blancs de la planche gravée, et à laisser l'argent à nu dans les creux, ce qui permet d'en augmenter la profondeur par l'action d'un simple dissolvant de l'argent.

« Pour obtenir ce résultat, la planche gravée peu profonde dont je viens de parler est graissée avec une huile siccative, de l'huile de lin, puis essuyée à la manière des imprimeurs en taille-douce; de cette manière, l'huile reste dans les creux seulement, et y forme un vernis qui ne tarde pas à sécher.

« Dorant alors la planche par les procédés électro-chimiques, on voit l'or se déposer sur toute la surface de la planche, excepté dans les parties creuses protégées par le vernis d'huile de lin. Après ce dorage, l'huile de lin est enlevée par de la potasse caustique.

« Il résulte de là que la planche gravée a toutes ses parties saillantes protégées par une couche d'or; ses parties creuses, au contraire, présentent l'argent à nu.

« Il est dès lors facile, en traitant la planche par l'acide nitrique, d'attaquer ces parties creuses seulement et d'en augmenter ainsi à volonté la profondeur.

« Avant ce traitement par l'acide nitrique, la planche dorée est couverte par ce que les graveurs appellent un grain de résine, ce qui produit, dans le métal attaqué, ces nombreuses inégalités que l'on appelle grain de la gravure.

« Il résulte de ces deux opérations principales que la planche daguerrienne est transformée en une planche gravée tout à fait semblable aux planches gravées à l'aquatinte, et dès lors pouvant, comme elles, fournir par l'impression un nombre considérable d'épreuves.

« Cependant l'argent étant un métal peu dur, le nombre des épreuves serait encore assez limité si un moyen très-simple ne permettait de soustraire la planche photographique à l'usure déterminée par le travail de l'impression.

« En effet, pour atteindre ce but il suffit, avant de livrer la planche à l'imprimeur, de cuivrer sa surface par les procédés électro-chimiques; de cette manière il est évident que la couche de cuivre supporte seule l'usure produite par le travail de l'ouvrier. Lorsque cette couche est altérée d'une manière notable, il est facile, à l'aide d'un acide faible, de la dissoudre en totalité sans altérer l'argent sur lequel elle repose; dès lors la planche peut être cuivrée de nouveau, et se trouve ainsi dans le même état que si elle n'avait pas supporté le travail de l'imprimeur. »

Photo-lithographie. Nous compléterons l'analyse des divers essais de gravure dont nous venons de rendre compte, dit M. Lerebours, en donnant à nos lecteurs les procédés de *photo-lithographie* que nous avons brevetés le 3 juillet 1852. Ces procédés nous sont communs avec MM. Lemercier et Barreswil; on va voir qu'ils sont des plus simples. Quant aux résultats obtenus, ils sont complets, et nous ont valu de nombreuses félicitations à l'Institut; cependant, pour être justes, nous ajouterons que si, pour une reproduction complète de grande dimension, nous sommes beaucoup plus avancés que nos concurrents, nous ne pouvons pas, avec la pierre, obtenir des finesses aussi grandes que celles obtenues par eux avec des planches d'acier.

Notre procédé consiste dans l'application de la photographie à la lithographie, et par extension à la zincographie, et même à la gravure.

Il consiste à produire sur pierre (zinc, cuivre ou tout autre métal) un enduit ou réserve qui puisse, après qu'il a reçu l'action de la lumière, résister à un dissolvant qui l'attaquait alors qu'il n'avait pas reçu l'action de la lumière.

Nous choisissons pour enduit un corps résineux, soluble dans l'éther ou l'essence, et devenant insoluble par l'action des rayons lumineux; tel est par exemple le bitume de Judée. Nous opérons de la manière suivante: nous dissolvons le bitume dans l'éther, et versons sur la pierre une solution bien liquide qui, par évaporation spontanée à l'air, laisse une couche de bitume bien sec qui se présente sous forme d'un grain plus ou moins serré, suivant le degré de concentration de la dissolution éthérée, suivant le degré de pureté de l'éther, suivant aussi la nature du bitume, et même suivant la température et l'état hygrométrique de l'air. Nous plaçons sur la pierre préparée une épreuve photographique négative, redressée ou non suivant le sujet, sur papier ou sur verre, ou tout autre corps diaphane, épreuve obtenue par un procédé quelconque; si nous opérons avec le papier, nous plaçons dessus un morceau de glace épaisse, puis nous exposons à la lumière; le bitume se modifie dans les parties qui correspondent aux blancs du négatif (noirs du positif); nous lavons à l'éther, qui enlève les parties devenues solubles, et laisse comme enduit préservatif les parties qui sont devenues insolubles; le lavage des pierres se fait, soit par immersion, soit par ablution; la pierre étant lavée, nous acidulons à la manière ordinaire des lithographes, avec un acide faible et fortement gommé; les réserves formées par l'enduit, et qui correspondent aux blancs de l'épreuve photographique négative, peuvent alors prendre l'encre parfaitement bien, et constituent les noirs comme dans le modèle. Le tirage se fait par les moyens et avec les précautions connues des lithographes; il est bon de laver la pierre à l'essence avant de passer le rouleau, mais cette pratique n'est pas indispensable.

Notre procédé peut être appliqué à reproduire les images photographiques quelconques, soit la nature, soit les gravures, lettres, manuscrits, etc., directement ou au moyen d'une épreuve préalable obtenue à la chambre noire; nous affirmons qu'un photographe intelligent pourra, avec les indications ci-incluses, préparer convenablement une pierre, et que cette pierre pourra, entre les mains d'un lithographe exercé, donner de bons résultats.

Ce procédé, qui avait donné de grandes espérances, n'est pas passé dans la pratique. Les résultats qu'il fournissait étaient inférieurs à ceux obtenus par le procédé suivant.

Procédé Poitevin. Voici en quoi consiste ce procédé: en étendant sur une pierre lithographique un mélange d'albumine et de bichromate de potasse, puis en exposant celui-ci sous un cliché négatif à l'action des rayons solaires, on observe un effet tel que dans les parties où la lumière agit, c'est-à-dire dans les ombres de l'image positive à produire, l'albumine devient insoluble. En rentrant alors la pierre dans une chambre noire, l'humectant avec de l'eau, puis passant à sa surface un rouleau à l'encre grasse, la surface de la pierre ne retient l'encre que dans les parties modifiées par l'impression lumineuse et devenues non-seulement insolubles, mais

graisseuses et analogues physiquement à l'encre d'imprimerie elle-même. Les autres parties où la matière organique est restée soluble s'enlèvent avec le corps gras qui s'était attaché momentanément aux blancs de la pierre. On obtient ainsi des épreuves positives à l'encre d'impression, qui, soumises au tirage mécanique de la lithographie, fournissent autant d'épreuves qu'une pierre dessinée au crayon.

Ce procédé de litho-photographie reproduit avec facilité les impressions photographiques d'images négatives; seulement les demi-teintes, quelquefois, laissent à désirer et une grande netteté n'est obtenue avec certitude que lorsque les contours sont bien arrêtés. Ce procédé, dans lequel les retouches sont faciles, rend de véritables services aux industriels.

L'inconvénient grave indiqué ci-dessus est inhérent à tous ces procédés. L'action de la lumière produisant des teintes variables, les enduits sont plus ou moins impressionnés et les noirs seuls sont complétement déterminés par l'action de la lumière; ils conviennent pour reproduire et réduire des plans, des lignes, des gravures; et c'est à cet usage qu'ils sont assez souvent appliqués, soit pour obtenir des planches en taille-douce par morsure et dorure, comme dans le procédé Fizeau (avec un grain de résine pour faire tenir l'encre dans les grands noirs, condition imparfaitement remplie le plus souvent), soit pour produire une gravure en relief, par un dépôt galvanoplastique de cuivre. Quelques habiles praticiens, par la succession d'opérations semblables et une grande expérience, arrivent à des résultats remarquables de reproduction et de changement de dimensions d'anciennes gravures, par l'effet de la convergence des rayons de la lentille. Nous donnons en exemple une réduction exécutée par M. Durand (fig. 3), d'un grand entête de l'Encyclopédie; le dessin est très-exact, mais un peu nuageux, comme toutes ces reproductions, sans doute par suite du grain du papier traversé par la lumière. Cette imperfection dans la reproduction d'une gravure, par une simple exposition à la lumière, est presque un bien; car dans l'état actuel des lois internationales, le grand emploi de ce genre de procédés est le vol et la contrefaçon des gravures dues au labeur des artistes d'un pays, par les forbans des pays où la notion de propriété n'est pas bien nette, où voler un étranger est admis comme chose licite.

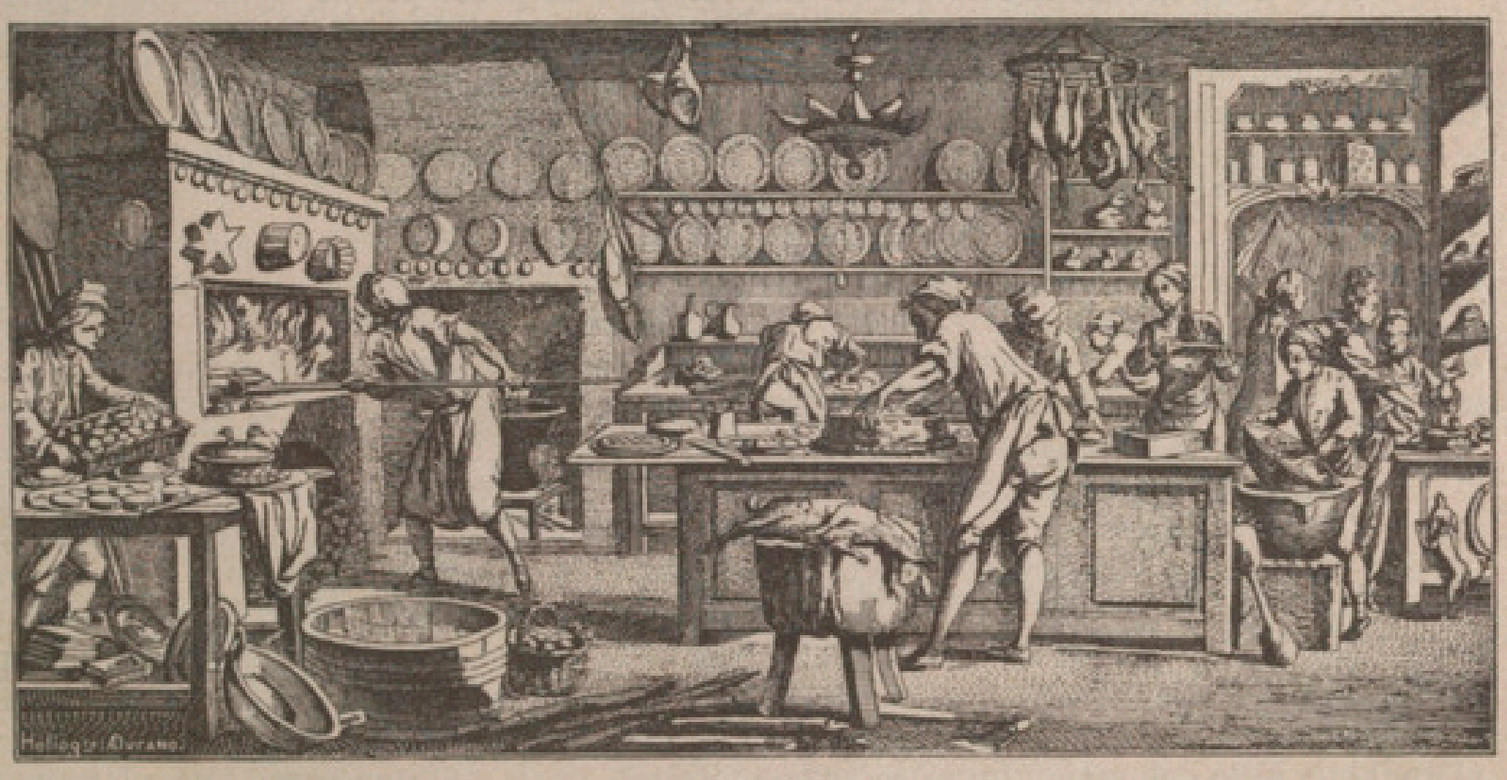


Fig. 3.

Les procédés ci-dessus décrits ne reproduisent vraiment pas la photographie d'objets en relief. C'est à quoi est parvenu M. Woodbury par la photoglyptie, que pratiquent avec succès M. Goupil et M. Lemercier.

Photoglyptie. On place un négatif sur une feuille mince de gélatine, préparée au bi-chromate de potasse, dans un châssis ordinaire que l'on expose au soleil pour obtenir un positif. Les rayons solaires agissent d'autant plus sur la gélatine qu'ils ont traversé une partie plus transparente du cliché; leur action est proportionnelle à l'opacité plus ou moins grande du cliché, opacité due aux ombres ou aux demi-teintes. Après l'impression lumineuse, on transporte le châssis-presse dans une chambre noire, on détache délicatement la feuille de gélatine du cliché de verre contre lequel elle était adhérente; on l'applique sur une plaque de verre enduite d'un vernis de caoutchouc, et on plonge le tout dans un récipient rempli d'eau tiède qui se renouvelle méthodiquement et qui dissout les portions de la feuille que la lumière n'a pas atteintes. Cette opération est assez longue et dure environ vingt-quatre heures. Passé ce temps, on retire du bain la feuille de gélatine singulièrement amincie; on la détache de son support de verre enduit de caoutchouc. Si on la regarde par transparence, on retrouve l'image fidèle du cliché; les ombres sont en creux, les parties claires forment saillie. En un mot, le cliché photographique est produit en relief.

On voit que jusqu'ici la méthode ne diffère pas sensiblement de celle de Poitevin. A partir de là la manière de procéder devient toute autre; c'est le procédé dit Impression naturelle (Voy. GRAVURE) qui est appliqué. On sèche la feuille de gélatine et on la transporte sur le plateau d'une presse hydraulique puissante. On la pose d'abord sur une plaque d'acier cerclée de fer, puis on place au-dessus une lame de plomb allié d'antimoine. La feuille de gélatine, où le cliché est gravé en creux et en relief, se trouve entre deux surfaces métalliques; l'une en acier, qui sert de support, l'autre en plomb, beaucoup plus molle. Dans ces conditions elle est soumise à une pression formidable qui équivaut à un poids de plus de 300,000 kilogrammes. Cette feuille de gélatine, direz-vous, va être brisée, écrasée sous la pression.

Nullement, elle va agir à froid comme le coin de la monnaie qui frappe une pièce de métal; quoique friable, elle est dure, résistante, plus dure que le plomb; elle va pénétrer dans ce métal: ses reliefs vont s'y incruster. En effet, au sortir de la presse, la lame de plomb est enlevée, et l'on voit, non sans une véritable stupéfaction, quand on n'est pas encore initié à ce système, que la lame de gélatine y a creusé ses saillies. Le cliché primitif se trouve gravé sur la plaque de plomb; le métal reproduit exactement les creux et les saillies de la feuille de gélatine.

La plaque de plomb est placée maintenant dans une presse spéciale. On verse sur sa surface une encre formée de gélatine et d'encre de Chine tiède, colorée en sépia; l'ouvrier baisse un peu après la plaque supérieure de la presse, et ne la relève qu'après refroidissement. On détache alors une feuille de gélatine moulée, donnant absolument l'effet d'une photographie ordinaire.

Le tirage n'exigeant pas de pression, on fait avec une seule planche, un nombre quelconque d'exemplaires.

La feuille ébarbée est collée sur papier et passée à l'alun pour éviter l'action de l'humidité.

Le moyen de produire le creux laisse peut-être à désirer, mais la galvanoplastie pourrait sans doute, au besoin, le remplacer.

PHOTOGRAPHIE.

Résumons le principe général des études de Poitevin, sur lequel reposent tous les progrès de la photographie depuis Niepce, Daguerre et Talbot.

Les matières gélatineuses, albumineuses, gommeuses et analogues, mélangées de bichromate alcalin, deviennent plus ou moins profondément insolubles ou imperméables, résistent plus ou moins à l'action de l'eau, lorsque la lumière les a frappées; cette action est proportionnelle à la somme, à l'intensité lumineuse. C'est là une découverte tout à fait capitale de l'action de la lumière.

Ce principe établi, il devient facile de comprendre les diverses applications qui en dérivent,

Sur un papier, on a étendu une couche d'albumine mélangée d'une matière colorante (encre de Chine ou toute autre matière inerte); cette préparation devient sensible à la lumière si on couche le dos de la feuille sur un bain de bichromate de potasse; le liquide pénètre à travers la feuille de papier et se mélange ainsi à l'albumine sans la dissoudre. Après dessiccation, ce papier est exposé au jour sous un cliché de traits, puis immergé dans l'eau froide; l'albumine non touchée par la lumière se dissout, entraînant la matière colorante; mais dans les parties qui ont reçu l'action lumineuse, l'albumine, devenue insoluble, reste sur le papier, emprisonnant la substance colorée et formant le dessin; ainsi peuvent s'obtenir avec grande facilité des reproductions de cartes, de plans, etc.

Au lieu d'albumine, si l'on prend une solution de gélatine, que l'on mélange en quantité convenable avec une matière colorante inerte quelconque, on obtient, en l'étendant sur le papier, une surface de couleur très foncée. Ce papier est sensibilisé en le plongeant dans un bain de bichromate de potasse à 3 pour 100; puis, après dessiccation, on l'expose sur un cliché. La lumière vient alors, suivant les transparences plus ou moins grandes de ce cliché, *sculpter* l'image dans l'épaisseur de cette couche colorée, et cela avec une perfection, une délicatesse merveilleuses. Quand on retire l'épreuve du châssis, l'image n'est pas visible, elle est empâtée dans l'excès de gélatine et de couleur; il faut, pour l'obtenir, enlever tout ce que la lumière n'a pas modifié, à peu près comme le praticien enlève du bloc de marbre tout ce qui n'est pas sa statue; mais ici le praticien inconscient et sûr sera l'eau tiède, éliminant par dissolution de la gélatine toute la matière colorante inutile, et l'épreuve sera complète, avec telle coloration que l'on aura choisie.

En mettant une couche excessivement mince d'albumine bichromatée sur une pierre lithographique, et en exposant cet enduit au soleil sous un cliché, Poitevin obtint des dessins qu'il lui suffisait de traiter par les procédés ordinaires de la lithographie pour en faire le tirage; il reconnut en outre que si l'exposition a été convenable, la surface continue de gélatine bichromatée prend l'encre là où la lumière l'a rendue suffisamment imperméable à l'eau, tandis qu'elle s'imbibe d'eau et repousse l'encre dans les parties préservées de l'action lumineuse, et il put dire qu'une impresssion analogue à la lithographie pouvait être obtenue sur une surface quelconque recouverte du mélange précité. Actuellement, en effet, ce mode d'impression peut être exécuté sur glace, sur cuivre et sur beaucoup d'autres surfaces planes, pourvu que la couche gélatineuse y soit suffisamment adhérente. En Allemagne, en Autriche, en Italie, en Angleterre, on fait un fréquent usage de ce procédé, ainsi qu'en France et plus qu'en France, sous les noms si variés d'Albertypie, Collotypie, Licht- Druck, Phototypie,etc. (voyez LITHOGRAPHIE), mais le principe est le même, et il appartient sans contestation possible à Poitevin.

Lorsque la gélatine bichromatée est mise dans l'eau froide après son insolation sous le cliché, elle absorbe l'eau dans une proportion inverse de l'action lumineuse, nous le savons, mais alors elle se gonfle plus ou moins et produit une sorte de modelage dont les reliefs et les creux sont renversés suivant que l'on a fait un moule et un contre-moule, avec cette remarque toutefois que ces reliefs reproduisent non pas des proportions sculpturales, mais des proportions lumineuses, ainsi que cela existe dans les plaques translucides de porcelaine que l'on nomme des *lithophanies*.

Poitevin a indiqué sous le nom général d'*héliоplastie*, toute une série d'applications de cette réaction de la lumière sur la gélatine bichromatée; ces moulages, convenablement reproduits, peuvent donner des planchesen relief ou en creux, utilisables pour la typographie ou la gravure en taille-douce, ou servir à la fabrication des lithophanies. Lorsque l'épreuve est obtenue en creux sur une matière céramique, on peut remplir les creux plus ou moins profonds avec un émail coloré et transparent; après la cuisson, l'image se montre avec des teintes qui sont dégradées suivant l'épaisseur plus ou moins grande de la couche d'émail, et si nous suivons dans ses conséquences le développement de ce principe, de cette idée première, nous voyons ce moulage en matière céramique se transformer et devenir la photoglyptie.

Par des moyens un peu différents de ceux employés par Poitevin, M. Woodbury a remplacé le moulage au plâtre par le moulage dans le métal sous une presse hydraulique puissante, ainsi qu'il a été dit ci-dessus. Alors ce n'est plus le gonflement plus ou moins prononcé de la gélatine qui est utilisé pour produire l'empreinte, ce sont les parties solides qui restent après élimination par l'eau chaude des parties solubles.

Avec ce moule métallique dans lequel on verse une encre gélatineuse colorée, qui est ensuite reportée sur papier, en obtient des épreuves qui ressemblent, à s'y méprendre, aux plus belles photographies. Ce procédé dit Wodburytypie ou Photoglyptie est une conquête réelle, il sert maintenant à répandre dans la circulation un nombre considérable d'épreuves, et la photographie, modifiée par M. Rousselon, a donné naissance entre ses mains à un remarquable procédé de *photogravure*. (Voy. GRAVURE.)

Nous terminerons en disant un mot de la gravure par saupoudrage de M. Garnier, fondée sur une propriété particulière des matières sucrées.

On prépare une planche de cuivre en y déposant soit par coulage, soit au rouleau, une couche très mince d'une dissolution de deux grammes de sucre et d'un gramme de bichromate d'ammoniaque dans quatorze grammes d'eau. Cette couche est séchée à l'aide la chaleur.

Sur cette préparation séchée, on pose immédiatement le cliché positif de la gravure à reproduire et on expose le tout au soleil pendant une minute; les parties insolées ne sont plus hygroscopiques, tandis que sous les traits du dessin la substance reste poisseuse, elle retient les poudres quelconques qu'on y promène et montre une image très nette du dessin. Si la surface offrait une résistance suffisante, on pourrait faire mordre immédiatement la planche; mais la lumière n'a pas suffi pour amener une complète imperméabilité, il faut y joindre l'action de la chaleur; on chauffe donc la planche à graver sur un grillage à mailles espacées; la couche sucrée est devenue alors très compacte dans les parties solarisées, mais sous la poudre elle est brisée, poreuse et perméable aux acides, on couvre alors la surface avec le mordant, qui est une solution de perchlorure de fer à 45° B. et, après quelques minutes de contact, la planche est gravée. On lave à chaud avec une lessive de potasse; la planche est alors prête pour le tirage.

PIANO.

PIANO (FABRICATION DU). Il y a deux phases distinctes à considérer dans la construction d'un piano : celle relative à l'instrument, proprement dit; celle concernant la mécanique, intermédiaire obligé entre l'artiste et l'instrument.

Le chapitre premier traitera donc de l'instrument, et sera divisé en trois paragraphes, savoir :

§ 1er. De la charpente;

§ 2. De la table d'harmonie;

§ 3. Des cordes.

Quant à la mécanique, elle sera l'objet d'un chapitre spécial, intitulé chapitre II.

Enfin, dans le chapitre III nous traiterons des soins d'ajustement.

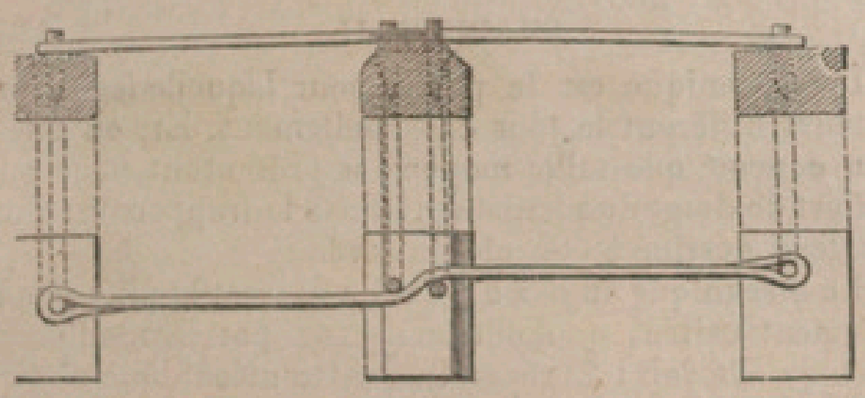
CHAPITRE Ier.

§ 1er. La charpente du piano, appelée communément *barrage*, doit être à la fois légère et forte. La condition de légèreté est importante, car moins l'instrument pèsera, mieux il vibrera; toutes ses parties constituantes devant prendre part aux ébranlements qu'il doit éprouver. Celle de résistance est non moins capitale, à cause du tirage des cordes, par le fait duquel la caisse est incessamment soumise à une force de 7,500 kilogr., ainsi que nous le ferons comprendre plus loin.

§ 2. La table d'harmonie est d'une construction extrêmement intéressante, puisque c'est par elle qu'est déterminé l'ébranlement d'une masse d'air, que les cordes ne sauraient produire, seules, par le fait de la percussion des marteaux.

Voici comment l'on arrive à ce résultat : la table d'harmonie est une plaque de bois mince, dont le contour, seulement, est solidement fixé; l'intérieur de sa surface étant, du reste, parfaitement isolé du barrage; et susceptible de vibrer sans aucun obstacle. Chaque corde est attachée à ses deux extrémités, et repose sur une partie de bois appelée *chevalet*, sur laquelle elle adhère parfaitement par le moyen de deux pointes, autour desquelles elle dévie successivement. Outre cette précaution, ayant pour but l'adhérence parfaite de la corde sur le chevalet, on prend encore le soin de donner audit chevalet plus de hauteur que les sommiers où sont attachées les extrémités des cordes, ce qui donne une plus grande garantie encore à la parfaite solidarité de la corde et de son point d'appui.

La figure 1 fait suffisamment ressortir en quoi ces différences de niveau sont utiles.



1.

Lorsque la corde est frappée par le marteau, elle entre en vibration et entraîne le chevalet dans ses mouvements d'oscillation. Le chevalet étant lui-même collé sur la table d'harmonie, lui fait partager les mêmes ébranlements, et toute la masse d'air adhérant à la surface de la table d'harmonie est déplacée. De là les ondes sonores dont l'ouïe est affectée.

C'est là, vraiment, qu'il peut y avoir ce qu'en industrie l'on appelle quelquefois *un tour de main;* car, ainsi que nous venons de le dire, cette table est collée ou fixée, par son contour, sur des parties saillantes que l'on a ménagées en construisant le barrage, et elle est plus ou moins mince, selon chaque fabricant. On la fait même habituellement d'épaisseur variable dans ses différentes parties.

Enfin un point important est la disposition des fibres du bois, dont peut dépendre souvent la plus ou moins grande élasticité d'une table, et par conséquent sa plus ou moins grande puissance sonore; mais là, encore, il n'y a pas de règle absolue.

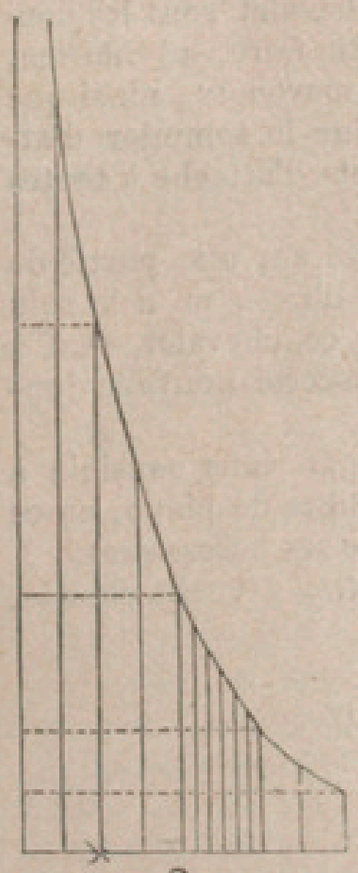
Le bois dont on se sert pour les tables d'harmonie est ordinairement du sapin de Suisse ou de Bohême. Ce n'est cependant pas une condition de qualité *sine quâ non;* car on a réussi à faire de très bonnes tables avec du bois de consistance tout à fait différente de celle du sapin.

Nous devons ajouter que la table serait immanquablement fendue, si le tirage des cordes pouvait opérer une pression sur ses parois. Il faut donc que le barrage soit extrêmement solide, car la table d'harmonie y étant fixée, par son périmètre, éprouverait une fatigue que ne peut lui permettre sa faible épaisseur, si le barrage devait céder, si peu que ce soit, à la traction des cordes.

Ajoutons, à ce qui précède, une observation relative au mode de vibrations qu'affecte la table d'harmonie. Il est bien entendu que cette surface oscillante déplace une quantité d'air proportionnelle à son étendue; mais il ne faudrait pas en induire que plus la table est grande, plus le son est puissant. En effet, la difficulté de mettre en vibration une grande table compenserait alors le bénéfice qu'on pourrait en attendre.

§ 3. Quand le barrage d'un piano est muni de sa table, on monte les cordes. Et là, pour le fabricant laborieux, il y a lieu à de curieuses recherches.

Si l'instrument était monté, selon l'expression technique, d'un bout à l'autre de cordes de même diamètre et de même matière, les longueurs de ces cordes donneraient lieu à une courbe (fig. 2), qu'on a appelée la courbe des logarithmes acoustiques; courbe dans laquelle les longueurs des ordonnées sont en progression géométrique, ayant pour raison $\sqrt{2}$ (chacune des ordonnées de cette courbe est moyenne, proportionnelle entre la précédente et la suivante). C'est à la forme de cette courbe que l'on doit la bizarre disposition des pianos à queue, laquelle ne peut véritablement s'expliquer que par une raison d'absolue nécessité. Et, cependant, bien que l'on eût fait cette concession à la loi géométrique, en lui sacrifiant le bon goût, il a fallu encore que l'on obviât aux longueurs énormes des cordes basses, qu'il eût été impossible d'employer telles que l'indiquaient le calcul et l'expérience (ainsi que peut en convaincre l'examen de la figure).



2

Au lieu d'employer des cordes d'égale grosseur, on a adopté des fils d'acier de diamètres variables; de manière à avoir des cordes de plus en plus grosses, en s'approchant des basses. On a pu, de cette façon, suppléer à la longueur indispensable aux cordes pour donner des tons graves, ainsi que le prouve la formule du nombre des oscillations d'une corde vibrante. On sait que cette formule est celle-ci :

$$n = \frac{1}{rl}\sqrt{\frac{P}{\pi\delta}};$$

dans laquelle n est constant, en faisant varier l et δ;

PIANO.

pourvu que $l^2\,\delta$ reste constant. Pour mieux réussir, on a encore recours à des cordes très fortes par elles-mêmes, que l'on a recouvertes d'un fil enroulé.

Ce dernier procédé donne lieu à des combinaisons infinies de fils d'acier et de cuivre de tous diamètres, et présente un intérêt capital, la nature et l'intensité du son pouvant dépendre, en grande partie, des combinaisons adoptées.

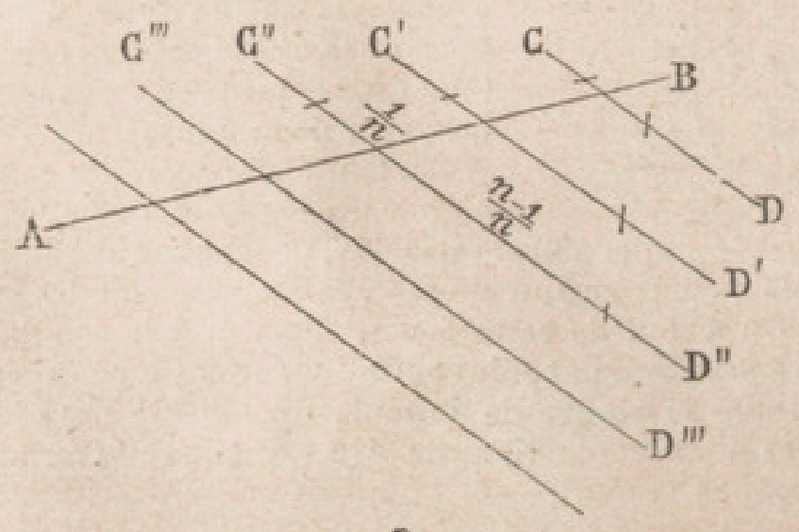
Pour prendre un parti, à cet égard, chaque fabricant est tenu d'expérimenter les cordes dont il doit se servir. Une fois qu'il a déterminé, par des pesées successives, quels poids peuvent faire rompre les numéros des cordes qu'il veut employer, il faut qu'il apprécie quelle peut être la limite de leur élasticité, afin de ne pas la dépasser. On conçoit, en effet, qu'une corde dont l'élasticité doit être sans cesse éprouvée, ne doive être tendue que bien au-dessous du poids égal à son élasticité naturelle; sans quoi, la corde ne reprendrait pas, par son propre ressort, la disposition primitive de son agrégation moléculaire, et ne pourrait pas osciller en deçà et au delà de cet état normal, ainsi que doit le faire tout corps de nature élastique. Au moyen d'un instrument spécial qui permet d'évaluer le poids qu'égale la tension d'une corde, on peut tendre chacun des numéros expérimentés sous un poids égal aux limites adoptées, et en conclure les longueurs que chacune doit avoir pour donner telle ou telle note. C'est par un tel moyen, éminemment pratique, que l'on sait quelles sont les tensions employées dans toute l'étendue du montage, corde par corde : l'ensemble de ces tensions a pour résultat le chiffre énorme, que nous avons cité plus haut, de 7,000 à 7,500 kilos. C'est là l'effort immense que le barrage est destiné à supporter.

Par les essais successifs dont nous venons de parler, l'on détermine aussi quelle est la courbe que doit affecter le lieu géométrique de toutes les extrémités des cordes vibrantes; ce qui se fait en déterminant préalablement quelle doit être la direction commune des cordes, et en traçant la courbe dont il est question. La position et la forme du chevalet sont les conséquences du choix que l'on a dû faire, *ad libitum*, de la disposition de la ligne des marteaux, ainsi que de la place que doivent occuper sur le sommier d'attache les chevilles servant de points d'attache à toutes les cordes de l'instrument.

Enfin, pour que le chevalet porte sur une partie de la table susceptible de vibrations libres, on a le soin de prolonger la corde au delà de ce chevalet, sauf à étouffer le son que peut produire cette nouvelle longueur de corde.

Pour rendre la suite de ces opérations sensible à l'œil, faisons le simulacre d'un calibre de piano, en ce qui touche le plan de la table et de ses accessoires.

Traçant A B (fig. 3), dont la direction est celle choisie,



3.

pour disposer les marteaux de la mécanique, on doit mener ensuite une série de parallèles figurant les axes des cordes d'octave en octave. Soit C D l'une de ces parallèles; C' D', C'' D'', C''' D'' les autres. Ce seront là les ordonnées de la courbe logarithmique, dont nous avons cherché à donner l'idée ci-dessus. Ce sera sur ces lignes C D, C' D', C'' D'', etc., qu'il faudra porter les longueurs fournies par les expériences dont il vient d'être question.

Admettant donc, *à priori*, dans quelles proportions lesdites ordonnées devaient être divisées, par le point de frappement, et, convenant que chaque corde doit être frappée, au $\frac{1}{n}$ de sa longueur, il faut, évidemment, porter d'un même côté de la ligne A B tous les $\frac{n-1}{n}$ des ordonnées calculées; et, de l'autre côté de la même ligne A B, tous les $\frac{1}{n}$ de ces mêmes ordonnées. Ce qui donne, tout à la fois, la ligne des points extrêmes des cordes de piano, ainsi que la forme du chevalet.

(Cette fraction de la corde n'est pas la même pour tous les fabricants. Chacun adopte la longueur de frappement qu'il croit la plus convenable.)

Hâtons-nous d'ajouter que, pour les notes graves, la courbe du chevalet doit être altérée, et subir quelques modifications permettant de la limiter : cela, au moyen des cordes filées, dont nous avons parlé plus haut; c'est-à-dire au moyen de cordes que l'on recouvre par enroulements, et que l'on charge d'autant plus qu'elles doivent produire des sons plus ou moins graves. On prépare ces cordes au moyen d'une espèce de rouet.

Quant au montage des cordes, en général, il s'effectue aisément en les accrochant par leurs extrémités à des pointes que porte le barrage, et en enroulant leurs autres extrémités sur des cylindres de fer appelés *chevilles*, que l'on enfonce, à frottement, dans le barrage. On a seulement la précaution de faire passer les cordes sur des pointes, autour desquelles elles dévient, afin de bien déterminer où commence la partie vibrante de chacune d'elles.

Ainsi que nous l'avons fait remarquer, entre ces deux extrémités, elles sont divisées par les pointes que porte le chevalet, au moyen desquelles elles font corps avec le chevalet et la table. Quant au plus ou moins de tension à donner aux cordes, on la règle par la rotation des chevilles, que l'on tourne à droite ou à gauche, au moyen d'une clef. C'est là l'opération la plus familière aux amateurs, qui sont souvent témoins du travail dont sont chargés les accordeurs.

CHAPITRE II.

La mécanique est la partie pour laquelle les divers auteurs diffèrent le plus essentiellement. Et, en effet, l'on conçoit que mille moyens se présentent pour que l'effort du doigt du pianiste produise le frappement d'un marteau destiné à ébranler la corde.

La mécanique anglaise est celle qui est le plus généralement usitée, quoiqu'elle ne soit pas la meilleure. Bien qu'elle soit très répandue, cette mécanique n'offre pas toute la délicatesse de tact que peut rechercher l'artiste; mais son grand avantage est le bon marché auquel on peut l'établir.

A ce propos, nous devons reconnaître que plus la fabrication des pianos a progressé, plus l'on a abandonné la mécanique anglaise, pour n'employer que celles des fabricants français.

Sans vouloir entrer dans les détails de la disposition d'une mécanique, que le cadre de cet ouvrage ne pourrait nous permettre de développer complétement, nous allons en donner une idée en signalant les conditions principales auxquelles une mécanique doit satisfaire, et, en indiquant, par un profil, quel est le jeu de la mécanique que nous préférons à toutes autres.

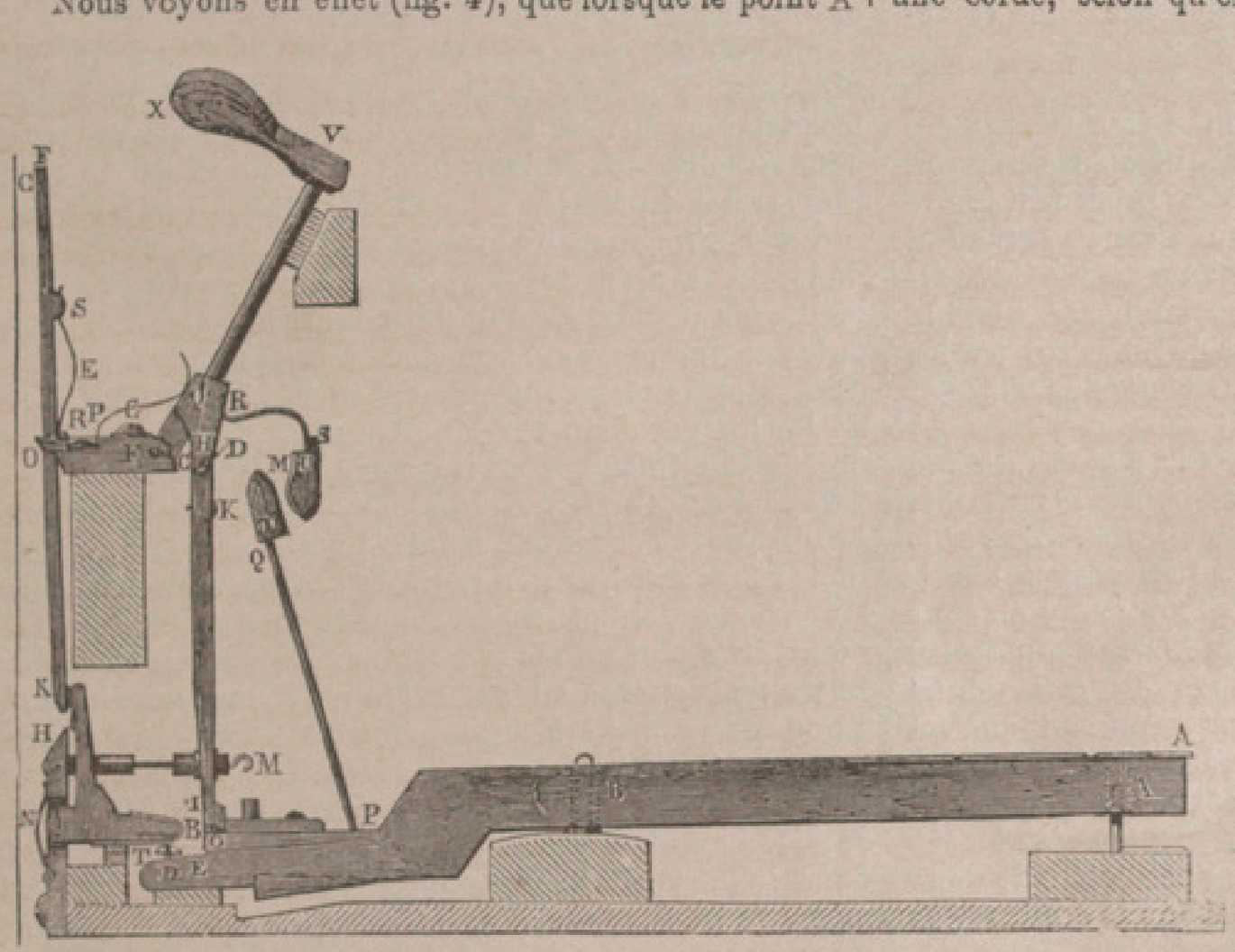
Une première condition indispensable, c'est que la

mécanique fonctionne sans aucun bruit De là la nécessité de la faire en bois, et d'en garnir toutes les parties de laine et de peau, pour amortir les chocs et atténuer les bruits produits par les frottements.

Le jeu de la mécanique doit être combiné de telle manière : 1° que le marteau frappe la corde, dès que le doigt a attaqué la touche; 2° qu'il se retire de lui-même dès qu'il a atteint la corde; 3° qu'il reste suspendu tant que le doigt reste sur la touche; 4° que l'étouffoir se soulève par le fait seul de la percussion; 5° qu'il retombe dès que le doigt quitte la touche.

Le mécanisme dont nous donnons ci-joint le profil remplit tous ces conditions.

Nous voyons en effet (fig. 4), que lorsque le point A



4.

descend, le point B (extrémité du levier, appelé touche) monte, et que la tige BC monte, ce qui fait tourner le marteau autour de son pivot D. Le frappement du marteau sur la corde est produit par ce mouvement. (La condition 1re est remplie.)

Dès que le point A est au bas de sa course, la tige BC se soustrait à l'action du levier AB, pour ne pas perpétuer la position du marteau sur la corde, et retombe dans la partie BE. (La condition 2e est remplie.)

Si le doigt reste posé sur la touche, le marteau retombe par son propre poids, aidé par le ressort PQ, et reste suspendu à moitié de sa course en retour, au moyen de la pièce M, appelée attrape-marteau. (La condition 3e est ainsi remplie.)

En même temps, par le fait de la rotation de l'équerre TIH autour du point I, la tige KF tourne autour de O, et l'étouffoir quitte la position de repos pour laisser vibrer la corde. (La condition 4e est remplie.)

En levant le doigt, chaque pièce reprend sa position primitive, et l'étouffoir F s'applique sur la corde, vers laquelle le sollicite le ressort RS. (La condition 5e est également remplie.)

Ainsi que nous l'avons dit, tous les centres de rotation doivent être garnis, pour que le jeu des pièces ne produise pas de bruit, et leurs positions de repos doivent être soigneusement revêtues de coussins en laine, pour la même raison. Pour donner une idée des soins que l'on prend à cet égard, nous citerons le seul fait des centres de rotation, que l'on garnit de casimir intérieurement, bien qu'ils n'aient que 2 millimètres de diamètre, tout compris, axe et garniture.

CHAPITRE III. AJUSTEMENT

Ainsi que nous l'avons fait pressentir plus haut, il y a de grands soins à apporter dans la manière d'ajuster une mécanique, afin que le marteau frappe la corde au point le plus favorable à sa vibration. De même aussi, pour bien étouffer la corde, il faut que l'étouffoir se pose au point qui prête le moins aux sons enharmoniques. Cela s'obtient par tâtonnement.

Ces deux conditions sont de nature à beaucoup surprendre les personnes qui sont étrangères à la fabrication du piano, et c'est un fait très digne d'attention que celui des différentes natures de son que produit une corde, selon qu'elle est frappée à tel ou tel point de sa longueur. De même, l'on peut produire involontairement des tons secondaires, très désagréables, selon qu'on étouffe une corde, à tel ou tel point de sa longueur.

Il est donc indispensable d'ajuster la mécanique d'un piano de manière à ce que le marteau de chaque corde la frappe au point convenable, et il faut de même disposer les lames d'étouffoirs de manière que chaque corde soit étouffée aussi bien que possible. La plus ou moins bonne qualité des sons d'un piano peut souvent ne dépendre, en grande partie, que de la plus ou moins bonne entente de ces dispositions.

Ce qui précède a rapport à l'ajustement de la mécanique et du clavier. Il reste encore à régler le jeu des touches de manière à ce qu'elles soient également hautes, également espacées, et enfin, de façon à ce qu'elles enfoncent également. Nous admettons ici que la mécanique elle-même est bien réglée, ce qui exige que les échappements CB reposent, sans intervalles, sur le bout des touches B; que tous les crochets semblables à celui M soient éloignés ou distancés de H, de façon à ce que tous les marteaux se retirent des cordes, à la même distance, après la percussion; ce qui exige, enfin, que la vis D soit, pour chaque touche, en contact immédiat avec l'équerre TIH, de manière à ce que l'étouffoir soit soulevé sans perte de temps. C'est de ces conditions que dépend l'égalité du tact d'un bout à l'autre du clavier, indépendamment de la bonne construction de la mécanique. C'est là l'office de l'ouvrier que l'on appelle *finisseur*, dont la mission est de vérifier la marche de toutes les pièces d'un piano, et de veiller à ce que le tout fonctionne régulièrement.

Le plus essentiel des soins à donner est l'égalisation des sons produits par l'instrument, lesquels doivent être tous de même force et de même nature. L'on ne peut obtenir ce résultat que par une bonne garniture de marteaux. Comme il faut, toutefois, pouvoir obvier aux inégalités inattendues provenant de l'hétérogénéité des diverses matières, avec lesquelles les marteaux sont recouverts, tels bien faits qu'il soient, il est bon d'indiquer quels sont les moyens factices propres à régler les sons *à posteriori*. On est obligé, pour cela, ou de serrer les garnitures de marteaux, en le comprimant; ou de les desserrer, en les piquant avec de fortes aiguilles. Enfin, telle bien faite que soit une garniture, il faut s'assurer que tous les marteaux frappent également les cordes auxquelles ils sont destinés. Pour s'assurer de ce qui peut être à faire à cet

égard, on fait vibrer les cordes avec l'ongle, en y appliquant le marteau, et le soutenant légèrement avec le doigt. On voit facilement celles sur lesquelles les marteaux ne portent pas suffisamment, ce qui permet de reconnaître où l'on doit couper de la surface du marteau, afin que l'effet de son choc soit partagé solidairement par les cordes auxquelles il est destiné.

L'ensemble de ces soins divers forme la partie de la fabrication exigeant le plus de sentiment artistique, parce qu'il faut discerner les nuances les plus délicates des sons comme force, comme timbre, comme qualité.

L'office de l'accordeur devient alors indispensable, afin de pouvoir se fier à ces appréciations.

Quand l'instrument est complètement réglé et accordé, il est terminé.

CONCLUSION.

La construction d'un piano donne lieu à tous ces détails, et ce sont autant de difficultés. Cependant, disons-le, malgré l'incertitude des procédés, cette industrie a beaucoup prospéré en France, grâce à d'heureuses inventions. Ajoutons que depuis la création du piano droit, en 1827, le piano carré, dont le barrage était horizontal et réduit de longueur par les procédés dont nous avons essayé de donner l'idée, a été complètement abandonné.

Comme piano réduit de dimensions, on ne fabrique plus que les pianos verticaux, dont le barrage est vertical; soit que les cordes en soient elles-mêmes verticales, soit que les cordes en soient inclinées à l'horizon. Ces derniers ont été appelés, et sont connus sous le nom de *pianos-droits*. Ils sont infiniment supérieurs aux pianos à cordes verticales, auxquels on a donné le nom de *pianinos*. En effet, l'on comprend que tel haut que soit un pianino, les cordes basses n'auront pas les longueurs indispensables; tandis que dans les pianos à cordes obliques, la diagonale d'un rectangle d'environ un mètre sur $1^{m},50$, peut permettre de donner beaucoup de développement aux cordes des octaves basses.

Aujourd'hui la lutte entre ces deux genres de pianos n'est pas incertaine, et le piano droit, *à cordes obliques*, est ce qu'il y a de plus puissant comme sonorité.

Quant au piano à queue, l'usage d'un tel instrument, si incommode par sa forme, ne peut être maintenu qu'à cause de sa sonorité; et, surtout, parce que sa construction n'offre pas les milles obstacles que présente celle du piano-droit. Les progrès de ce dernier sont donc autant de probabilités nouvelles pour faire prévoir que, dans peu d'années, le piano droit résumera l'industrie du piano. Ce temps sera venu quand le piano droit joindra au charme de son timbre, la puissance de son que comporte le piano à queue, à l'exclusion, il est vrai, de toutes autres qualités.

Les efforts de toute la facture tendent vers ce but, que l'on peut considérer comme atteint, en ce qui concerne le piano carré, et même le piano à mi-queue, dont le genre bâtard n'offre aucun des avantages du piano à queue, tout en en ayant les inconvénients, par l'irrégularité de sa forme.

Quand le piano droit aura définitivement prévalu, et que ce sera le seul piano en usage, on pourra revendiquer l'honneur d'un tel progrès, tout à l'avantage de la culture de l'art musical, en faveur des fabricants qui ont voué toute leur carrière industrielle au complet succès du seul piano réunissant les qualités d'un joli meuble à celles d'un bon instrument. Dès aujourd'hui nous touchons à ce résultat, puisque le poids, la forme et l'élégance des pianos droits permettent de les transporter et les placer facilement, sans rien leur ôter de leurs qualités artistiques.

BLANCHET.

La fabrication des pianos est devenue à Paris une grande industrie à la fois par le développement des grands établissements comme ceux de Érard, Pleyel-Volff et par celui des ateliers d'ébénisterie et surtout des fabriques de mécaniques, qui mettant à la disposition du constructeur doué d'une bonne organisation musicale, tous les éléments qui entrent dans la fabrication d'un piano sans avoir à faire de grandes dépenses, lui permettent de se faire connaître facilement.

Le travail des divers éléments ne diffère pas assez du travail ordinaire du bois pour que nous ayons à nous y arrêter beaucoup ici. Pour ce qui est du problème spécial de l'établissement des pianos, l'article ci-dessus y répond complètement.

PIANOS-MÉLOGRAPHE. Depuis le milieu du XVIIIe siècle, on s'est occupé de la recherche des moyens par lesquels on pourrait écrire les improvisations des compositeurs. M. Fétis résume ainsi l'histoire de ces recherches dans son rapport de 1855.

En 1747, un ecclésiastique anglais, nommé Creed, dans un article des *Transactions philosophiques*, démontra la possibilité d'une machine de ce genre. Un autre mémoire sur le même sujet, accompagné de dessins et de plans, fut envoyé, en 1749, à l'Académie de Berlin, par Jean-Frédéric Unger, savant allemand, qui fit imprimer son ouvrage en 1774. Dans l'intervalle, le mécanicien Hohlfeld exécuta une machine qui, dit-on, donnait une solution satisfaisante du problème proposé. Après la mort de l'inventeur, en 1771, l'Académie de Berlin fit l'acquisition de cet instrument, et le plaça dans son cabinet des machines, où il se trouvait encore en 1806. Un autre mécanicien de Londres, nommé Merlin, en construisit un aussi pour le prince Galitzin. Le père Engramel, religieux français, imagina, en 1773, un mécanisme de notation appliqué au clavecin. Bien d'autres essais furent faits dans le même but. L'annonce d'une découverte du même genre fut faite dans le *Journal de Paris*, en 1783; un instrument nouveau fut construit vers le même temps, à Bonn, par Riedler, facteur de pianos; on ignore ce qu'il est devenu. Pfeiffer, facteur d'orgues, à Stuttgard, annonça, en 1801, un nouveau piano mélographe de son invention; on n'a plus parlé depuis lors de cet instrument. En 1827, M. Careyre présenta à l'Académie des beaux-arts de l'Institut un piano mélographe, dont l'essai fut fait par une commission, et qui ne répondit pas à ce que l'on en attendait. Dans le même temps, un instrument du même genre fut signalé à la même Académie par M. Baudouin, qui en fit l'objet d'un mémoire accompagné de dessins. En 1838, M. Wetzels, facteur de pianos, à Paris, s'occupa d'un instrument qui ne parut pas. Enfin, M. Guérin mit à l'exposition de 1844 un *piano sténographe*. Par un effet mécanique, une bande de papier réglé se déroulait et des points venaient s'y imprimer, à mesure que les touches s'abaissent, mais d'une manière vague, lorsqu'ils étaient hors de la portée, et tout à fait incertaine à l'égard de la mesure et de la valeur des notes. Un essai de quelques mesures très simples fut fait en présence du jury, et permit d'en faire une traduction; mais il ne laissa pas de doute sur l'impossibilité de la réussite pour la musique compliquée.

M. Adorno avait mis à l'exposition de 1855 un piano mélographe qui paraissait bien disposé mais qui, vu son oubli, ne paraît pas encore être la solution d'un problème plus curieux, plus difficile à résoudre peut-être que bien réellement utile.

PIERRE. On donne le nom générique de pierres à la plupart des matériaux de construction tirés du règne minéral. Nous en avons parlé avec détail à l'article MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION du *Complément*. Nous donnerons seulement ici le tableau suivant résumant les principales propriétés des pierres employées à Paris.

NATURE DE LA PIERRE.	CARACTÈRES.	USAGES.	PRINCIPAUX GISEMTS.	POIDS du mètre cube.
				kilogr.
1° *Gypse* pierre à plâtre.	Se laisse rayer par l'ongle, donne du plâtre par calcination.	Fabrication du plâtre.	Environs de Paris. . .	2100
2° *Pierres calcaires*. . .	Font effervescence très vive avec les acides.			
Craie.	Friable, blanche.	Fabrication de la chaux grasse, et peinture en détrempe.	Champagne.	1468
			Meudon.	2000
Tufs calcaires. . . .	Caverneux.	Constructions.	Touraine.	1300
			Travertin de Rome. . .	2358
Calcaire grossier. . .	Texture grossière avec coquilles.	Fabrication de la chaux et constructions.	Bassin de Paris.	2300
Calcaire compacte. .	Texture compacte.	Constructions, marbres communs, pierres lithographiques.	Château-Landon, Belgique.	2400
Marbre.	Texture saccharoïde.	Décoration.	Pyrénées, Italie. . . .	2700
3° *Pierres siliceuses*. . .	Étincellent sans le briquet.			
Silex pyromaque. . .	Cassure conchoïde.	Constructions, pierres à fusil.	Seine-et-Oise.	2400
Pierre meulière. . .	Texture caverneuse.	Constructions, meules de moulins.	Seine-et-Oise, Seine-et-Marne.	2400
Granite.	Très dur, cristallin.	Construction, dallage, décoration.	Normandie, Bretagne. .	2800
Porphyre.	*Idem*.	Décoration.	Vosges, Pyrénées. . .	2850
Grès.	Grains agglomérés par un ciment argileux au calcaire.	Constructions, pavage, dallage.	Fontainebleau.	2800
4° *Pierres volcaniques*. .	Font feu au briquet.			
Lave.	Texture demi-poreuse.	Constructions.	Volvic.	2250
Trachyte.	Très dur, compacte.	Constructions, dallage.	Bords du Rhin.	2800
Trapps, basaltes. . .	Très durs, de couleur foncée.	Pavage, bornes.	Cantal, Puy-de-Dôme, Écosse.	3000
Tufs volcaniques. . .	Très poreux.	Constructions.	Environs de Naples. . .	1260
5° *Ardoises*.	Peu dures, schisteuses.	Couvertures.	Angers.	2800
			Ardennes.	2937

Les *pierres à faux* se fabriquent surtout en Normandie avec des grès houillers que l'on pulvérise et dont on forme une pâte que l'on moule et que l'on cuit comme la poterie de grès.

Les *pierres à l'eau* sont des schistes argileux plus ou moins durs et à grains plus ou moins fins, que l'on emploie pour donner le fil à des instruments tranchants.

La *pierre du Levant* ou *pierre à l'huile* est une chaux carbonatée dure, très compacte et à grain très fin, d'une teinte jaune pâle, qui sert à affûter la coutellerie fine.

L'*égrisée*, employée pour polir et travailler les pierres gemmes les plus dures, est de la poussière de diamant.

L'*émeri*, qui sert également à la taille des pierres dures, est un corindon impur.

Le *tripoli* est une espèce de tuf siliceux, très léger et feuilleté, que l'on emploie pour le polissage des glaces, des métaux, etc.

Les *pierres à détacher* sont des marnes argileuses qui ont la propriété d'enlever les corps gras, comme l'huile et la graisse, des tissus de laine où ils ont pénétré.

Les *pierres à feu* ou *pierres à fusil*, dont l'importance est actuellement pour ainsi dire entièrement annulée par la substitution générale des armes à feu à capsule fulminante aux armes à pierre, s'obtiennent en débitant au marteau les silex pyromaques, immédiatement au sortir de la carrière; ces pierres se taillent alors facilement; mais elles perdent cette propriété si on les laisse quelque temps exposées à l'air sans les tailler : un seul ouvrier peut fabriquer par jour mille pierres à fusil.

SILICATISATION DES PIERRES. Nous dirons un mot d'un curieux procédé de silicatisation des pierres imaginé par Kulhmann.

Les pierres calcaires, si convenables pour la construction des édifices à cause de leur dureté assez faible, qui en rend la taille médiocrement coûteuse, offrent souvent l'inconvénient de s'effleurir, de se détériorer à la surface, comme on peut le voir en examinant tous les monuments construits en pierres calcaires qui appartiennent à une époque reculée. Transformer la surface de ces pierres en une espèce de marbre dur, brillant, inattaquable à l'air, sans changer les ornements, sans appliquer de vernis d'aucune épaisseur, était certes se proposer un intéressant problème, et c'est celui qui a été résolu par le procédé dont nous parlons.

C'est en imprégnant le plus profondément possible les pierres avec un silicate soluble, que les effets dont nous parlons sont obtenus. Le carbonate de chaux de la pierre se décompose, et il se produit un silicate de chaux et un carbonate de potasse soluble.

La silicatisation ne produit pas un durcissement immédiat des pierres. Il commence d'abord à la surface et ne se manifeste que plus tard à l'intérieur. Plusieurs jours d'exposition à l'air sont nécessaires pour que le durcissement devienne appréciable; il n'est très sensible qu'après plusieurs mois.

Ce procédé avait l'inconvénient de pénétrer la pierre d'un carbonate soluble, déliquescent, elle restait humide et se recouvrait d'efflorescences.

Ces inconvénients disparaissent en employant le fluorure de calcium proposé par MM. Kessler.

L'emploi qu'on a fait jusqu'ici des silicates alcalins pour obtenir le durcissement des pierres calcaires est, disent-ils, loin d'être satisfaisant.

Il a pour effet de laisser la pierre imprégnée de sels solubles qui n'en sortent plus jamais; même par une longue exposition à la pluie.

Ces sels, potasse ou soude, poussent à la salpêtration dont ils présentent déjà du reste les principaux inconvénients.

Ils favorisent en outre la production des mousses et autres végétations pour lesquelles la potasse est un engrais.

On a cherché vainement à parer à ces vices par un badigeonnage terminal à l'acide hydrofluosilicique dans le but d'insolubiliser la potasse du silicate de potasse employé ; mais outre la difficulté de précipiter un sel par un autre dans l'intérieur d'une pierre, ce qui exige des conditions de mélanges exacts et des proportions définies impossibles à réaliser, la réaction invoquée manquait son but puisque le fluosilicate alcalin formé, se trouve lui-même décomposé par le carbonate de chaux en acide carbonique, fluorure de calcium, acide silicique et carbonate de potasse en sorte que le résultat est le même.

Un autre inconvénient plus grave des silicates alcalins consiste dans ce qu'ils forment par l'évaporation un vernis imperméable sur les corps au moment où ceux-ci cessent de les absorber.

Il en résulte que, lorsqu'on les applique sur une pierre, soit saturée de leur dissolution, soit saturée d'eau, soit en trop grande quantité à la fois, ils s'y dessèchent avant d'être décomposés et la recouvrent de ce vernis. Si la gelée survient, l'eau emprisonnée dans la pierre s'accumule en glaçons sous le vernis et le fait éclater avec la couche de pierre adhérente.

Il ne faut donc pas s'étonner si l'usage des silicates alcalins ne s'est pas répandu.

Un bon procédé de durcissement ne doit laisser dans la pierre que des matériaux insolubles et durcissants. Surtout il ne doit pas exposer la pierre à s'effriter par la gelée.

C'est ce résultat qui a été obtenu par MM. Faure et Kessler par l'intervention des fluosilicates solubles dont les oxydes ou les carbonates sont insolubles à l'état libre.

Quand on imprègne un calcaire tendre avec la solution concentrée d'un fluosilicate de magnésium, d'aluminium, de zinc, ou de plomb, on arrive en quelques couches à un durcissement très grand et il n'y reste plus rien de soluble.

Il ne se produit en effet à côté de l'acide carbonique dégagé, que du spath fluor, de la silice, de l'oxyde d'aluminium, des carbonates soit de zinc, soit de plomb ou de fluorure de magnésium, tous plus insolubles que le calcaire lui-même. Aucun vernis imperméable ne peut se former et par suite la pierre n'est pas exposée à l'érosion par la gelée.

La silicatisation par ces nouveaux agents ne revient guère plus cher que par les silicates. Le procédé a parfaitement supporté l'épreuve de l'hiver.

Il a même offert des ressources inattendues. Il ne suffit pas toujours de durcir un calcaire tendre, il est utile, dans bien des cas, de lui donner aussi l'aspect et le poli du calcaire dur, ne fût-ce que pour éviter que la poussière et la suie n'en noircissent la rugueuse surface.

Or pour lisser et polir le calcaire, le plus grossier d'aspect, il suffit de l'enduire avec une pâte formée d'eau et de poussière de la même pierre, puis après dessiccation, de l'imprégner du fluosilicate destiné au durcissement. Il ne se forme ainsi qu'un seul tout homogène, et à grains fins, parce que la pâte imprégnée devient elle-même aussi dure que la pierre. Il convient toutefois de prendre quelques précautions fort simples pour empêcher le soulèvement de la poussière, rapportée par l'acide carbonique dégagé au commencement de l'opération. Le tour de main consiste à débuter par des liqueurs très étendues sur une surface suffisamment asséchée. En mêlant à la pâte employée un corps coloré insoluble, on produit une sorte de moucheté ou de dessin qui pour certaines pierres à coquilles, ne manque pas d'intérêt décoratif.

Enfin en employant des fluosilicates colorés comme ceux de cuivre, de chrome, de fer, etc., la pierre se colore dans sa profondeur par suite de la formation de composés insolubles.

Il se fait ordinairement entre ses diverses parties une sorte de sélection qui en révèle l'anatomie intime sous forme de dessins d'un effet souvent très artistique.

En combinant ces divers moyens on obtient très économiquement des espèces de marbres ou de pierres ornementales.

PIERRE (CARTON). On désigne sous ce nom une PATE MOULÉE de composition variable, dans la fabrication de laquelle on fait toujours entrer de la pâte à papier et une forte quantité de matières minérales telles que du calcaire pulvérisé, etc.

PIERRES LITHOGRAPHIQUES. Voy. LITHOGRAPHIE.

PIERRE DE TOUCHE. Nous avons donné à l'article ESSAI, l'emploi de la pierre de touche ou touchau, pour analyser rapidement les alliages d'or : la nature de cette pierre qui doit être dure pour enlever des particules d'or laissant une trace métallique, et assez résistante à l'action de l'eau régale, pour ne pas être corrodée, n'avait pas été bien déterminée jusqu'à ce que M. Ernest Dumas en ait indiqué la véritable composition.

Nous empruntons ce qui suit à une note publiée par lui dans le bulletin de la Société d'Encouragement.

Georges Agricola, dans son traité classique de métallurgie, *de Re metallica*, parle de la pierre de touche sous le nom de *coticula* et donne de grands détails sur son emploi, ainsi que sur la graduation des touchaux-étalons, mais il ne parle ni de sa nature ni de sa provenance. Rien, dans ce qu'il en dit, n'indique l'emploi des acides pour compléter l'essai; il semble qu'à cette époque encore, l'essai par la pierre de touche se bornait à une comparaison entre les traces du métal à essayer et celles des aiguilles de comparaison, dont les titres étaient connus de l'opérateur.

Jusqu'au moment où l'on a fait intervenir dans l'essai par la pierre de touche l'action des acides, toute pierre noire, dure, suffisamment rugueuse pour agir comme une lime douce, et assez fine de grain pour ne pas enlever de trop fortes quantités de métal précieux, a pu être considérée comme une pierre de touche. Aussi beaucoup des anciennes pierres, connues sous cette dénomination, contenaient-elles d'assez fortes proportions de calcaire, et étaient-elles parfois même simplement des marbres durs et fortement colorés en noir ou en vert foncé, comme la *piedra di paragone* des Italiens.

Maintenant qu'on lave à l'eau régale la trace d'or déposée sur la pierre, le nombre des pierres que l'on peut employer se trouve très réduit, surtout si l'on considère les conditions de grain, de couleur et de texture qu'elles doivent remplir pour être longtemps propres au service.

La plupart des auteurs qui ont parlé scientifiquement de ces pierres se sont contentés d'examiner les échantillons pris dans le commerce, ou servant à des orfèvres ou à des bijoutiers, qui, ne s'en servant que rarement, pouvaient se contenter de pierres ne possé-

PIERRE DE TOUCHE.

dant qu'une partie des qualités que l'on doit exiger d'elles lorsque l'on doit les utiliser couramment, fréquemment et avec certitude.

Une bonne pierre de touche doit être aussi noire que possible, assez dure pour n'être pas rayée par aucun alliage d'or, d'argent et de cuivre; elle doit être inattaquable à l'eau régale à froid. Sa taille est proportionnée à l'usage auquel on la destine.

On la dresse avec soin sur celle de ses faces destinée à recevoir les traces de métaux, et, sans la polir, on la doucit seulement de manière à lui donner l'aspect du verre finement dépoli, à peu près le grain du biscuit de porcelaine.

Il est assez difficile de trouver ces qualités réunies dans le même échantillon; certaines pierres, même parmi celles que l'eau régale n'attaque pas, sont trop tendres et se laissent entamer par le touchau; d'autres sont trop dures et prennent par l'usage un poli qui les empêche de retenir convenablement la trace que l'on produit à leur surface.

C'est de là que viennent les différences très notables que l'on remarque dans les descriptions, dans les déterminations, et par suite dans le classement attribué aux pierres de touche par les savants minéralogistes qui s'en sont occupé.

Les uns en font un quartz, d'autres un jaspe résinite, certains un silex schisteux, un phyllade quartzeux. On a souvent pris certains basaltes, des porphyres ou même des cailloux roulés pour des pierres de touche, etc.; on les a décrits comme types en leur attribuant ce nom.

Mais un caractère qui n'a pas échappé à celui de ces savants qui, par ses fonctions, était le plus à portée d'étudier cette pierre dans ses qualités particulières, à Vauquelin, qui, étant essayeur du bureau de la Garantie, en avait entre les mains plusieurs échantillons et pouvait déterminer les caractères des meilleurs pour l'usage, c'est la manière dont la pierre de touche supporte l'épreuve du chalumeau.

La plupart des minéralogistes ont vu la pierre de touche soumise au chalumeau fondre entièrement, sans addition d'aucun réactif, et donner une perle noire : c'est ce caractère qui ne se rencontre que dans les médiocres ou mauvaises pierres de touche qui les a induits à la considérer comme un silex schisteux, un basalte ou un jaspe.

Vauquelin, qui, au contraire, avait sous la main des échantillons de bonnes pierres, de médiocres et de mauvaises, ayant pris comme type la meilleure sous le rapport des essais parmi celles qui se trouvaient dans son laboratoire, a reconnu que, soumise au dard oxydant du chalumeau, elle donnait une scorie spongieuse d'un blanc grisâtre, infusible, assez dure pour rayer le verre, en un mot de la silice pure.

Une analyse, faite avec soin et répétée à plusieurs reprises sur cette pierre et sur d'autres analogues comme qualité, lui a donné les résultats suivants :

Eau.	2,500	»
Silice.	85,000	69,000
Alumine	2,000	7,500
Chaux	1,000	trace
Charbon	2,700	3,800
Soufre	0,600	trace
Fer.	1,700	17,000
	95,500	97,300
Perte. . .	4,500	2,700
	100,000	100,000

Il a reconnu, en outre, que, sous l'action de l'acide chlorhydrique concentré et à chaud, la pierre de touche donne une odeur sensible d'hydrogène sulfuré, et que, chauffée au rouge avec du chlorate de potasse, elle se décolore en donnant naissance à une quantité d'acide carbonique correspondant à la quantité de charbon indiquée par l'analyse.

Vauquelin ne conclut pas et ne se prononce pas sur la nature de la pierre de touche; mais l'état actuel des sciences nous permet aujourd'hui de compléter un travail si bien commencé et si habilement conduit.

En étudiant les résultats de ses analyses, on reconnaît aisément que l'on peut grouper les produits qu'il a obtenus, de manière à représenter :

1° Du charbon libre;

2° Les éléments des cendres du bois;

3° De la silice en grand excès.

Si, d'un autre côté, on étudie à la loupe les échantillons de pierres de touche qui ont servi à faire ces études, ou des pierres présentant les mêmes qualités, et ayant la propriété de donner toutes, sous l'action du chalumeau, une scorie grise, infusible et dure, on y reconnaît aisément des traces d'organisation ligneuse. Il me semble donc évident que la bonne, la vraie et la seule pierre de touche applicable à nos besoins actuels, celle qui doit seule porter maintenant ce nom, est *un bois fossile*, conservant encore du charbon au milieu de la silice dont il est injecté.

Ce qui vient à l'appui de mon opinion, c'est que certains échantillons trouvés dans les Alpes, possédant toutes les qualités d'une bonne pierre de touche, et donnant au chalumeau une scorie de silice pure, conservent encore la forme de branches ou de troncs d'arbres, assez nettement caractérisée pour que l'on ait pu déterminer le genre d'arbres dont ces débris provenaient.

Un fragment de pierres de touche de bonne qualité, servant depuis longtemps au laboratoire du bureau de la Garantie, et qui est peut-être l'échantillon sur lequel Vauquelin a fait son travail, a été analysé, sur ma demande, au laboratoire des hautes études de l'École centrale des arts et manufactures, par MM. Mermet et Delachanal.

Voici les résultats de cet examen chimique, qui confirme mes prévisions.

Analyse chimique de la pierre de touche.

Quand on chauffe longtemps à l'air la poudre de pierre de touche, elle blanchit en perdant sa matière organique. L'acide chlorhydrique bouillant l'attaque et se colore en jaune; cette teinte est due à la dissolution d'une petite quantité de fer et aussi à la décomposition partielle de la matière bitumineuse. Quand on l'attaque au creuset d'argent par la potasse en fusion, la matière se dissout presque complètement; néanmoins, dans la masse, on voit se former une petite quantité d'écailles brillantes contenant un peu d'acide phosphorique; pendant cette attaque, et malgré l'addition d'un peu de salpêtre, on n'a pas remarqué la teinte verte qui caractérise le manganèse. Si, au lieu de prendre la potasse fondue, on fait simplement bouillir la poudre avec une solution concentrée de cet alcali, les vapeurs qui se dégagent bleuissent un papier rouge de tournesol et produisent des fumées blanches à l'approche d'une baguette imprégnée d'acide chlorhydrique : ces réactions caractérisent l'ammoniaque.

La présence du chlore n'a pu être constatée.

Outre la silice, qui est l'élément minéral essentiel de la pierre de touche (84,00 pour 100), les autres substances qu'elle renferme sont l'alumine et l'oxyde de fer, de très petites quantités de chaux et de magnésie, enfin des alcalis. La proportion de ces alcalis a été déterminée avec le plus grand soin, et, chose assez explicable, Vauquelin, qui ne les avait pas dosés, éprouvait des pertes de 2,7 à 4,5 pour 100, qui correspondent à peu près au poids de la soude et de la potasse. Le spectroscope a fait reconnaître des traces de lithine.

L'origine végétale de la pierre de touche permettait

de croire à la présence de l'acide phosphorique. Des recherches exécutées dans ce sens ont démontré la justesse de cette opinion, car on a pu non seulement reconnaître ce corps, mais aussi le doser.

Le tableau suivant résume les proportions des éléments reconnus dans la pierre de touche :

Composition de la pierre de touche.

Silice		84,40
Alumine		5,25
Oxyde de fer		1,15
Chaux		0,43
Magnésie		0,13
Potasse		0,69
Soude		1,70
Lithine		Traces reconnues au spectroscope.
Acide phosphorique		0,05
Soufre		0,60
Eau		0,70
Matière organique	Azote	0,19
	Hydrogène	0,09
	Carbone	4,37
Pertes		0,25
		100,00

Silice. — La silice a été dosée après une attaque par le carbonate de soude et la potasse caustique; les réactifs avaient été essayés et la petite quantité de silice qu'ils contenaient avait été déterminée; enfin la silice, avant d'être pesée, avait été débarrassée des traces d'alumine et de fer qu'elle contenait.

Chaux. — La chaux avait été dosée à l'état d'oxalate dans les liqueurs débarrassées d'alumine et de fer par l'ammoniaque; mais on a pu retrouver la totalité de cette base de la manière suivante : la substance attaquée par l'acide fluorhydrique laisse un résidu formé par la matière organique, un peu d'alumine et de fer, et enfin la chaux; en calcinant, on chassait les matières hydrocarburées; en reprenant par l'acide chlorhydrique on dissolvait les bases; l'alumine et le fer étant précipités par l'ammoniaque, la chaux était dosée à l'état d'oxalate.

Magnésie. — Dans la liqueur débarrassée des bases précédentes, la magnésie a été dosée par la méthode de H. Rose, au moyen du carbonate basique d'ammoniaque.

Alcalis. — La recherche et le dosage des alcalis ont été opérés exclusivement dans des vases en platine.

La séparation de la potasse et de la soude a été faite à l'aide du chlorure platinique; on remarque la prédominance de la soude sur la potasse dans la matière analysée.

Les chlorures de potassium et de sodium préparés en vue du dosage de leurs métaux respectifs ont été examinés au spectroscope; ils ont permis de reconnaître des traces de lithine.

L'analyse chimique des meilleures pierres employées au bureau de garanties ont confirmé l'analyse de Vauquelin et montré qu'elles renfermaient toujours du carbone et de petites quantités de potasse et de soude, et ont mis par conséquent bien en lumière la présence d'une matière organique.

De même, l'examen microscopique permit de constater l'existence de tissus ligneux, et même dans un cas, de reconnaître qu'il s'agissait d'une plante dycotylédonée, voisine du genre rosthornia. Ces deux examens ont donc parfaitement confirmé les prévisions de M. Dumas et fixé la nature des meilleures pierres de touche

PIERRES FINES OU PIERRES PRÉCIEUSES. Les pierres précieuses sont des substances minérales, le plus souvent cristallisées, que la beauté de leurs couleurs, leur éclat, leur dureté; leur inaltérabilité font rechercher pour les objets de parure, par la joaillerie. Leur mise en œuvre comme leur recherche donne lieu à un travail considérable. Un praticien classe les gemmes dans l'ordre suivant, par ordre de mérite, tout en faisant observer que souvent des qualités particulières de limpidité, de couleur ou de dimensions peuvent faire passer en valeur une pierre au-dessus d'une autre : Diamant, rubis, saphir, opale, perle, topaze d'Orient, émeraude, turquoise, grenat syrien, beryl, améthyste, jargon, hyacinthe, aigue-marine, péridot, vermeille, chrysolithe, chrysophrase, corail, tourmaline, cristal de roche et tous les autres quartz hyalins et opaques.

Nous ne parlerons pas ici en détail de ces diverses pierres, aux plus importantes desquelles des articles spéciaux sont consacrés; nous n'avons voulu ici que résumer l'ensemble des richesses naturelles que produit la recherche des pierres précieuses, qui, estimées en argent s'élève à un chiffre considérable, ce qui résulte de leur beauté et surtout de leur rareté.

PIERRES FINES ARTIFICIELLES. Les chimistes obtiennent un grand nombre de combinaisons sous forme cristalline en dissolvant dans un liquide approprié les éléments de ces combinaisons et en soumettant le tout à l'évaporation spontanée. Ebelmen a eu l'heureuse idée d'appliquer le même principe à des dissolvants liquides à la chaleur rouge, et volatils seulement aux plus hautes températures de nos foyers, tels que l'acide borique, le borax, certains phosphates, etc. Il est parvenu ainsi à obtenir artificiellement un certain nombre de minéraux, les uns tout à fait analogues à certaines pierres fines naturelles, et les autres d'un haut intérêt scientifique.

Les procédés de cristallisation par voie sèche, découverts par Ebelmen, ont permis de résoudre un certain nombre de questions scientifiques relatives à la formation de minéraux, et paraissent susceptibles de véritables applications industrielles.

Ebelmen ne mettait point en doute la possibilité de fabriquer industriellement un certain nombre de pierres fines, telles que le rubis, le corindon et autres employées dans la bijouterie, l'horlogerie, la tréfilerie, etc. La mort ne lui a pas permis de faire de sa nouvelle méthode les applications nombreuses que son esprit ingénieux apercevait déjà. L'industrie saura, sans aucun doute, profiter de cette voie nouvelle que la science a su lui ouvrir. C'est une magnifique industrie à créer, aussi voulons-nous réunir ici tous les éléments possibles de la solution d'un problème difficile.

Les premiers essais d'Ebelmen ont été exécutés vers 1847. Il plaçait alors dans les fours à porcelaine de Sèvres les matières sur lesquelles il voulait opérer, renfermées dans des capsules de platine. Les mélanges ne restaient ainsi exposés à la haute température à laquelle a lieu la volatilisation un peu rapide du borax et des autres sels employés, que pendant quelques heures, de sorte que l'on ne pouvait opérer que sur de petites quantités. Plus tard les mélanges ont pu être placés dans les moufles à cuire les boutons en pâte céramique. La température y est un peu moins élevée que dans les fours à porcelaine, mais elle peut être maintenue pendant plusieurs jours, ce qui permet d'opérer sur des quantités suffisantes de matière pour obtenir des cristaux de $0^m,004$, de $0^m,005$ et même de $0^m,010$ de côté.

Voici maintenant quelques-uns des mélanges employés par Ebelmen pour obtenir un certain nombre de minéraux cristallisés.

L'un des premiers minéraux obtenus par Ebelmen est le rubis spinelle; il ne mettait point en doute la possibilité de le fabriquer pour l'industrie.

On l'obtient en mélangeant ensemble 30 parties de

magnésie, 25 d'alumine, 1 de chlorate de potasse et 35 d'acide borique. Un mélange de 500 grammes de ces matières, exposé pendant huit jours dans une moufle, a donné des cristaux de rubis qui avaient jusqu'à 5 millimètres de côté.

En remplaçant la magnésie par l'oxyde de zinc, on obtient le minéral connu sous le nom de *gannite*, en cristaux bien définis et rayant le quartz sans difficulté. En opérant sur :

Alumine	25 grammes.
Oxyde de zinc	30
Acide borique fondu	35
Bichromate de potasse	1

on a obtenu au bout de cinq jours des cristaux de 3 millimètres de côté, que l'on a facilement séparés des borates en excès par une digestion dans l'acide chlorhydrique.

M. Ebelmen a obtenu des cristaux de *cymophane* de 6 millimètres de côté, parfaitement transparents et rayant la topaze en exposant dans un moufle à boutons un mélange de :

Alumine	$12^{gr},0$
Glucine	$3^{gr},5$
Carbonate de chaux	$10^{gr},0$
Acide borique fondu	$14^{gr},0$

La chaux a pour but de former un borate fusible, qui forme une sorte d'eau mère, favorable au développement des cristaux.

Le *péridot* ou silicate de magnésie s'obtient en cristaux définis en chauffant ensemble pendant longtemps :

Silice (sable d'Aumont)	$4^{gr},50$
Magnésie	$6^{gr},15$
Acide borique	$6^{gr},00$

Pour isoler les cristaux de leur gangue on fait digérer à *froid* la masse dans l'acide chlorhydrique faible.

On obtient également l'alumine cristallisée transparente en chauffant 3 à 4 parties du borax pour une d'alumine, ou bien 10 parties d'alumine, 4 de silice et 16 de borax. Les cristaux ainsi obtenus ont la même densité et la même dureté que le *corindon* naturel.

Un phosphate peut, dans quelques circonstances, remplacer l'acide borique. On peut par exemple obtenir des cristaux d'oxyde de titane ayant jusqu'à $0^{m},01$, en mélangeant une partie de cet oxyde avec 4 parties de phosphate de chaux, et soumettant le tout pendant plusieurs jours à la température des moufles à boutons.

Les carbonates de soude et de potasse sont, comme on sait, volatils à un température peu supérieure à celle de leur point de fusion; ils peuvent en même temps dissoudre un grand nombre d'oxydes métalliques. Cette propriété a également été utilisée par Ebelmen pour reproduire le *péridot magnésien*, le *titanate de chaux*, le *titane rutile*, et enfin la *glucine* cristallisée.

Poursuivant toujours le même ordre de recherches, Ebelmen annonçait à l'Académie, le 17 septembre 1851, qu'en opérant, par voie sèche, de manière à produire des réactions semblables aux doubles décompositions par voie humide, il obtenait la *periklase* et le minéral connu sous le nom de *perowskite*.

« Je me contente, disait Ebelmen dans ce dernier mémoire, d'indiquer ces premières applications de la voie sèche; elles doivent être considérées comme un point de départ pour de nouvelles expériences. » Ces nouvelles expériences, hélas! il ne devait point les entreprendre. Puisse son œuvre, si brillamment commencée, ne point rester incomplète après lui!

Nous ne pouvons terminer sans rappeler que l'on doit aussi à Ebelmen la production artificielle, par la décomposition lente de l'éther sicilique, des deux

variétés de quartz connues sous les noms d'hyalite et d'hydrophane; découverte d'un haut intérêt, qui pouvait à elle seule faire la gloire d'un savant moins riche en travaux de premier ordre.

Ce sont surtout les travaux des minéralogistes pour reproduire les espèces naturelles et éclairer des questions de minéralogie, qui ont fait avancer la solution du problème. Nous empruntons une description des recherches faites dans cette voie, à une publication de M. Fouquier.

Reproduction des minéraux.. La méthode de cristallisation par fusion, pratiquée par Berthier, a également été mise en usage par Sainte-Claire Deville et par ses élèves, et leur a fourni de remarquables résultats. Cependant, dans le laboratoire de l'École normale, elle n'a jamais été employée dans sa simplicité primitive. Les silicates fondus ne donnent après recuit et refroidissement que des cristaux de petite taille, intimement soudés les uns aux autres, et l'on voulait avant tout des échantillons assez volumineux et assez isolés pour être soumis aux manipulations gionométriques. Une modification au procédé de la fusion simple permet de tourner la difficulté. Aux matériaux que l'on veut faire cristalliser on ajoute une matière facilement fusible et soluble dans l'eau Le mélange, porté au rouge, fond, et des cristaux prennent naissance dans le bain incandescent, comme au sein d'un liquide ordinaire; puis, après refroidissement, on lave à l'eau chaude le culot qui s'est formé et on le désagrège; alors les cristaux dégagés du magma qui les enveloppait s'isolent et se déposent. Ce procédé, inauguré par Berthier, venait d'être en 1852 employé avec succès par Manross en Allemagne, et par Forchlammer en Danemark, mais il était réservé à Sainte-Claire Deville et à ses élèves de montrer tout le parti que l'on en pouvait tirer. Le travail de Sainte-Claire Deville et Caron sur les apatites et les wagnérites doit notamment être considéré comme un modèle dans ce genre de recherches.

L'apatite commune est un minéral très répandu dans la nature, et très important au point de vue agricole; car c'est de lui ou des produits de sa décomposition que provient l'acide phosphorique qui entre dans la composition des céréales. L'analyse chimique signale parmi ses éléments intégrants le chlore, le fluor, l'acide phosphorique et la chaux. Les minéralogistes désignent sous le nom de wagnérite un minéral beaucoup plus rare, renfermant les même éléments que l'apatite, mais en d'autres proportions, et avec cette différence que la magnésie y remplace la chaux. L'apatite et la wagnérite ont des formes essentiellement différentes. Elles n'appartiennent même pas à un système cristallin unique.

Les matériaux chimiques de ces minéraux furent fondus avec un excès de chlorure de sodium par Sainte-Claire Deville et Caron. Après refroidissement du culot, le chlorure de sodium ayant été enlevé par un lessivage à l'eau bouillante, les deux savants recueillirent des cristaux de wagnérite quand la magnésie avait été employée comme base du mélange. Ils obtinrent à volonté, par un artifice ingénieux, soit l'apatite, soit une wagnérite calcique, lorsque au contraire c'était la chaux qui avait servi de base à l'expérience.

Ils montrèrent aussi que l'on pouvait à son gré produire des composés chloriques ou fluorés; mais là ne s'arrêta pas leur succès. Ils parvinrent avec d'autres oxydes, à faire naître de nouvelles apatites, et de nouvelles wagnérites, complétant ainsi deux familles minéralogiques que la nature avait laissées imparfaites. Certains oxydes, la baryte, la strontiane, l'oxyde de plomb, ne leur donnèrent que des apatites; d'autres, la magnésie, l'oxyde de fer, l'oxyde de magnésie, n'engendrèrent que des wagnérites. La chaux pouvait

seule faire partie des deux groupes; elle était donc le pivot auquel aboutissaient, pour ainsi dire, les deux familles minérales en question. Ce rôle de la chaux avait été pressenti d'après d'autres faits du domaine de la chimie et de la minéralogie, mais dans ce cas, les prévisions théoriques recevaient une éclatante confirmation. Enfin, un élève de Sainte-Claire Deville, M. Lechartier, achevait l'œuvre de son maître en faisant cristalliser, par le même procédé que lui, deux séries de composés qui sont des analogues des apatites et des wagnérites, car ils n'en diffèrent que par la substitution de l'acide arsénique à l'acide phosphorique; ils présentent les mêmes formules chimiques et possèdent les mêmes propriétés cristallographiques.

La méthode de cristallisation par fusion au sein d'un fondant, est l'une des plus fécondes qui aient été employées pour la reproduction artificielle des minéraux; aussi la voyons-nous encore, à l'instigation de Sainte-Claire Deville, mise en œuvre par plusieurs de ses élèves, chacun d'eux la modifiant avec art suivant la nature des minéraux à obtenir. M. Lechartier, par exemple, se sert du chlorure de calcium comme fondant pour arriver à la synthèse de divers silicates; M. Margottet obtient des sulfo-arséniures et des sulfo-antimoniures en utilisant le soufre; M. Hautefeuille reproduit plusieurs des minéraux les plus importants des roches éruptives, en prenant comme matière du bain de fusion des tungstates et des vanadates alcalins.

Les résultats de ces belles expériences sont assez intéressants pour que nous essayions d'en donner un rapide aperçu. Les travaux de M. Lechartier ont porté sur les pyroxènes et les péridots. Au lieu de se borner comme Berthier, à la reproduction de l'un des types de ces corps, il a régénéré les diverses variétés qu'ils sont susceptibles de présenter. Il y avait là deux familles de minéraux dont la nature offre des spécimens variés; il a su retrouver les membres des deux groupes, et même faire apparaître ceux que leur rareté ou leur cristallisation imparfaite n'avaient pas jusque-là permis d'apercevoir.

Les recherches de M. Margottet sont surtout dignes d'attention à cause de la délicatesse du procédé opératoire qu'implique la qualité du fondant employé. Pour en donner une idée, il nous suffira de décrire l'une de ses expériences, celle, par exemple, qui l'a conduit à la reproduction du sulfo-antimoniure d'argent, connu sous le nom d'argent rouge. Une masse obtenue par fusion et composée d'argent, d'antimoine et de soufre est réduite en poudre et introduite dans un tube de verre que l'on scelle à la lampe, après y avoir fait le vide. On chauffe pendant trois ou quatre jours à la température d'ébullition du soufre, en laissant l'appareil se refroidir chaque nuit. L'opération terminée, on distille le soufre en excès; à mesure qu'il s'évapore, on voit poindre une cristallisation, et enfin, quand il a été chassé complètement il reste une belle géode de cristaux transparents, d'un rouge rubis éclatant, identiques par leur composition et par leurs propriétés physiques à ceux des gisements miniers.

Les expériences de M. Hautefeuille, dont il me reste à parler, sont plus remarquables encore que celles de ses émules du laboratoire de l'École normale. Le regretté maître qui en a été le témoin en a été fier, comme si elles avaient été son propre ouvrage; jamais l'habileté expérimentale n'a été poussée plus loin. Les minéraux qu'elles ont réussi à reproduire ont une importance toute particulière à cause du rôle considérable qu'ils remplissent dans la constitution des roches éruptives, et aussi, à cause de la résistance qu'ils avaient opposée, jusqu'alors, à toutes les tentatives faites pour en obtenir artificiellement la cristallisation. Deux de ces minéraux, l'orthose et l'albite, appartiennent à la famille des feldspaths; c'est seulement en 1877 que leur synthèse a été réalisée. Le procédé employé consiste à chauffer à une température comprise entre 900 et 1,000 degrés un mélange d'acide tungstique et des éléments du feldspath; il n'agit pas simplement comme fondant, il intervient dans des réactions compliquées dont les phases dépendent de la température. Il se comporte, en effet, comme un antagoniste de l'acide silicique, et, suivant l'intensité de la chaleur développée, tantôt il le déplace de ses combinaisons, tantôt il se laisse chasser par lui. De là vient que, suivant la manière dont l'opération est dirigée, on arrive à des résultats tout différents, et l'art de l'expérimentateur consiste précisément à éviter toutes les réactions autres que celles qui mènent au but proposé.

Un chauffage de vingt jours consécutifs, attentivement surveillé et conduit avec les plus grandes précautions, permet enfin d'atteindre le terme de l'expérience. On laisse refroidir le culot et on le traite par l'eau bouillante qui dissout l'acide tungstique. Il reste alors des cristaux délicats d'orthose ou d'albite, suivant que l'on a pris pour base la potasse ou la soude.

La reproduction du principal minéral des laves du Vésuve, la leucite, s'effectue dans des conditions analogues. Le fondant employé est le vanadate de potasse. L'acide vanadique remplit ici la même fonction que l'acide tungstique dans l'épreuve précédente. La température doit être maintenue pendant vingt-cinq jours entre 800 et 900 degrés avec de légères variations. Peu à peu, il se fait des cristaux de leucite, qui grossissent, tout en demeurant accolés les uns aux autres, et qui, après lessivage à l'eau bouillante, se montrent en groupes ramifiés adhérents aux parois du creuset. La leucite naturelle possède des propriétés optiques singulières, dont l'interprétation a donné lieu à bien des discussions entre les minéralogistes et à des hypothèses diverses. Le produit artificiel les possède également. Elles prouveraient à elles seules que les formes du minéral doivent être rattachées, non à la symétrie cubique, comme on le croyait autrefois, mais au système du prisme droit à base carrée; cependant M. Hautefeuille a su accentuer encore la démonstration en faisant naître une leucite ferrifère dont les propriétés optiques sont encore plus prononcées que celles de la leucite normale, de telle sorte que la solution du problème s'est montrée avec toute l'évidence possible.

Revenons au problème industriel que nous avons surtout en vue.

M. Frémy a obtenu le corindon et ses congénères minéralogiques (rubis, saphir, etc.,) par l'emploi d'une réaction double. Aidé d'un habile industriel, M. Feil, qui a besoin, pour sa belle fabrication de verres d'optique, de hautes températures longtemps maintenues, il a pu obtenir, non plus de simples spécimens de collection, mais de véritables pierres précieuses d'un éclat et d'une beauté incomparables. L'opération a pour fondement la production d'un aluminate fusible et la décomposition ultérieure de cet aluminate par une substance siliceuse. La double réaction se fait à la température du rouge vif. L'alumine s'isole lentement au sein du fondant et cristallise. Après refroidissement du creuset, on recueille un culot divisé en deux couches : l'une homogène formée par un silicate vitreux; l'autre lamelleuse, creusée de géodes remplies de beaux cristaux d'alumine qui possèdent des teintes rouges ou bleues, quand les matières mises en œuvre ont été additionnées de minimes quantités de substances minérales colorantes. Ces produits, qui figuraient à l'Exposition universelle en 1878, en étaient l'une des richesses les plus remarquées.

Auparavant M. Gaudin avait fait des tentatives

analogues en employant des températures très élevées (Voy. PIERRES PRÉCIEUSES *Complément*). Le chauffage prolongé et à haute température est en effet un élément capital. Un creuset de platine plongé dans un bec de gaz, au milieu d'une enveloppe en terre réfractaire, est souvent suffisant et d'un emploi commode. Pour des températures plus élevées, il faudrait se rapprocher des dispositions des chalumeaux à air comprimé ou à oxygène. (Voy. PLATINE).

Nous terminerons en indiquant comment l'emploi des fluorures a fourni encore à Sainte-Claire Deville un moyen de production précieux des substances cristallisées par volatilisation.

Ce procédé repose sur la réaction mutuelle des fluorures métalliques volatils sur des composés oxygénés fixes ou volatils à de hautes températures; il peut être appliqué dans un grand nombre de cas, par la raison que les fluorures métalliques ne sont presque jamais doués d'une fixité absolue.

1° *Corindon.* On le prépare aisément et en remarquables cristaux, en introduisant du fluorure d'aluminium dans un creuset en charbon, au-dessus duquel on assujettit une petite coupelle de charbon remplie d'acide borique. Le tout est muni d'un bon couvercle, et chauffé au blanc pendant une heure environ. La vapeur de fluorure d'aluminium rencontre celle d'acide borique, et leur action mutuelle donne naissance à du fluorure de bore et à du corindon; on obtient ce minéral à l'état de cristaux très larges, ayant souvent un centimètre de long, mais en général peu épais. Ces cristaux sont des rhomboèdres avec les faces du prisme hexagonal régulier; ils n'ont qu'un axe, sont négatifs et présentent la dureté du corindon naturel et toutes ses propriétés physiques et chimiques.

2° Le *Rubis* s'obtient de la même façon; on ajoute au fluorure d'aluminium un peu de fluorure de chrome et l'on opère dans des creusets d'alumine, en ayant soin de placer l'acide borique dans une coupelle en platine. La teinte de ces rubis, qui est due au sesquioxyde de chrome, est exactement celle du rubis naturel.

3° Le *Saphir bleu* se produit dans des circonstances semblables aux précédentes; la coloration est également obtenue avec l'oxyde de chrome; il y a seulement une différence dans les proportions de matière colorante et peut-être dans l'état d'oxydation du chrome; mais la quantité de matière colorante est si petite dans ces composés, que l'analyse ne peut rien indiquer de précis à cet égard.

4° *Corindon vert.* Quand on augmente la dose d'oxyde de chrome, les cristaux sont d'un beau vert, semblable à celui que présente l'*ouvarowite* que M. Damour a analysée, et où il a rencontré 25 p. 100 d'oxyde de chrome.

5° *Fer oxydulé.* La réaction du sesquifluorure de fer sur l'acide borique fournit de longues aiguilles composées d'un chapelet d'octaèdres réguliers de fer oxydulé; ce qui indique une réduction partielle du sesquioxyde de fer par une température très élevée.

6° *Zircone.* La zircone produite par ce procédé est en cristaux réguliers groupés sous forme d'arborisations d'un très bel effet; elle est insoluble dans les acides minéraux, même concentrés, elle est inattaquable par la potasse fondue; mais le bisulfate de potasse la dissout en laissant le sulfate double insoluble caractéristique de la zircone.

7° *Staurotide* et silicates divers. Si l'on remplace l'acide borique par la silice, on peut obtenir, avec les fluorures volatils, des silicates en cristaux, petits, mais très nets; c'est ainsi qu'on prépare la staurotide, qui se présente alors avec l'aspect et la composition de la staurotide naturelle; c'est un silicate basique dont la formule est $SiAl^2$. Cette substance s'obtient aussi avec facilité en chauffant de l'alumine dans un courant de fluorure de silicium gazeux. L'alumine se change en cristaux entrelacés qui ont la composition de la staurotide. Ces deux méthodes sont applicables aux silicates dont les bases donnent des fluorures volatils, tels que la glucine et l'oxyde de zinc.

Ces expériences viennent à l'appui de l'opinion émise par certains géologues que le fluor, intervenu dans la production des minéraux des filons, est un agent minéralisateur.

PIERRE-PONCE. Cette pierre dont l'origine est volcanique, est légère, poreuse, âpre au toucher et très dure, ce qui la fait fréquemment employer pour polir ou unir le bois, l'ivoire, les métaux, etc.

PIERRES PRÉCIEUSES (IMITATION DES). Voyez VERRE.

PIEUX, PILOTS. Voyez CHOC et PILOTIS (*Compl.*).

PIGNON. La plus petite roue d'un engrenage.

PILE GALVANIQUE. Voyez ÉLECTRICITÉ.

PIMENT. Voyez POIVRE.

PIN, SAPIN. Le pin et le sapin sont les bois résineux les plus répandus. Ils fournissent des bois de construction à bas prix et on retire de leurs troncs, par incision, de la térébenthine, des résines, etc. (Voyez TÉRÉBENTHINE).

Le pin est l'arbre par excellence des montagnes, et il vit presque jusqu'à la limite des neiges perpétuelles. Il constitue la fortune de certaines contrées froides, la Norwège par exemple, et fournit le moyen de tirer parti de beaucoup de terres arides dans tous les climats. Puisant toute sa nourriture dans l'air il prospère dans des sables. La plus belle utilisation qui ait été faite de cette propriété est sûrement la fixation des dunes du Golfe de Gascogne par Bremontier. Ce célèbre ingénieur après avoir reconnu que des plantations pouvaient seules empêcher les sables déposés par la mer et chassés par le vent d'envahir tout le pays placé en arrière, par une progression continue, ne trouva que le pin qui pût végéter dans ces sables mobiles. Aujourd'hui de magnifiques arbres, dont les premières rangées sont à moitié enfouies dans les sables, arrêtent ceux-ci et leur valeur est bien supérieure à ce qu'a coûté leur plantation.

Le pin qui a protégé le département des Landes a encore permis de l'enrichir et de mettre en valeur près de 800,000 hectares de terres à peu près abandonnées, sans valeur, qui lui ont donné son nom. On avait souvent essayé de semer des graines de sapin, mais les petits arbustes rabougris, venus des germes semés dans des terres inondées l'hiver, étaient bientôt grillés par le soleil torride de l'été du Midi.

C'est à M. Chambrelent, ingénieur des ponts et chaussées, que revient l'honneur d'avoir signalé le mal et trouvé le remède, d'avoir démontré l'excellence de sa solution par de magnifiques plantations, et d'avoir forcé en quelque sorte l'enrichissement de toute la contrée.

Cette magnifique opération agricole, une des plus belles du siècle, résultant d'un travail de desséchement bien compris, mérite d'être signalée comme un exemple des beaux résultats que l'on peut obtenir lorsqu'on sait bien reconnaître l'obstacle à surmonter et trouver le remède simple qui conduit au succès.

Nous reproduirons la note remise par M. Chambrelent au jury de l'Exposition de 1862, qui renferme l'exposé de son système. C'est une étude modèle.

CONFIGURATION ET CONSTITUTION DU SOL DES LANDES. Les landes de la Gascogne forment un vaste plateau presque entièrement horizontal, placé à une hauteur de 80 ou 100 mètres au-dessus de la mer. Le terrain qui le forme est composé d'un sol maigre et sablonneux, sans aucune trace d'argile ou de calcaire, d'une épaisseur moyenne de $0^m,60$ à $0^m,80$, reposant

sur un sous-sol imperméable. Ce sous-sol imperméable, qui représente une épaisseur moyenne de 0m,30 à 0m,40, et qui est connu dans le pays sous le nom d'*alios*, est composé d'un sable ordinaire, agglutiné par des matières végétales qui forment une sorte de ciment organique. Il n'existe sur le plateau aucune source, aucune trace d'eau à la surface pendant l'été, mais en hiver, au contraire, les eaux pluviales, si abondantes sur ces côtes de l'Océan, s'abattent pendant plus de six mois sur ce plateau, et n'y trouvent ni écoulement intérieur, ni écoulement superficiel; elles y restent stagnantes jusqu'à ce qu'elles aient été évaporées par les chaleurs de l'été. Ainsi, l'inondation permanente l'hiver, la sécheresse d'un sable brûlant l'été, tel est le caractère principal du terrain.

Qu'on se figure maintenant l'effet de ce passage continuel d'une inondation de six mois à une longue sécheresse, et on aura l'idée de la stérilité du sol pour toute culture et de son insalubrité pour les animaux et les malheureux habitants qui y travaillent. On comprendra quels mécomptes devaient accompagner tous les essais tentées avant qu'on ait pensé à y faire disparaître ces deux causes, si nuisibles à tout développement agricole quelconque.

Nécessité d'un assainissement préalable. L'assainissement préalable n'était donc pas seulement une amélioration utile pour les landes, c'était une condition indispensable de leur mise en culture, et l'on peut dire sans hésiter que la cause principale qui a fait échouer jusqu'ici tant d'entreprises dans ce pays, c'est de n'avoir pas reconnu cette indispensable nécessité d'assurer, avant tout essai de culture, l'écoulement des eaux superficielles.

Il est vrai que le terrain des landes avait toujours été considéré comme ayant par lui-même si peu de valeur, et qu'en général les procédés de desséchement d'un terrain marécageux nécessitent des dépenses si considérables, que jusqu'ici, même ceux qui avaient constaté la nécessité du desséchement, avaient reculé devant les dépenses à faire.

On ne saurait penser, du reste, pour peu qu'on y réfléchisse, à appliquer à ces terrains le drainage proprement dit, avec des conduits souterrains. La faible valeur des landes relativement au prix élevé du drainage, l'impossibilité de trouver des terres argileuses dans le pays, la couche imperméable d'alios qu'il faudrait percer, enfin la nature des cultures, consistant principalement en essences forestières, qui étendent leurs racines en tous sens, sont autant de causes qui rendront toujours impossible ce mode de drainage dans les landes. Un seul grand propriétaire a voulu le tenter malgré toutes ces raisons, et il y a fait pour cela des travaux très coûteux auxquels il a dû renoncer complètement au bout de deux années.

Système d'assainissement appliqué en 1849. Si cependant on étudie avec soin la configuration générale du plateau des landes, on reconnaît un fait remarquable qui règne sur toute l'étendue du pays, et qui doit rendre l'asséchement très simple et très peu coûteux. Sur tout le plateau il existe, depuis le faîte jusqu'au versant des vallées, dans les deux sens perpendiculaires, une pente générale, excessivement régulière; sur aucun point le terrain ne forme cuvette de manière à nécessiter des travaux spéciaux pour l'écoulement des eaux. Cette pente est tellement faible que les moindres accidents, ou plutôt les simples irrégularités du terrain la contrarient, et empêchent l'eau d'en suivre la déclivité. Mais ces irrégularités qui entravent ainsi l'écoulement, n'ont jamais plus de 0m,30 à 0m,40 de hauteur maximum, de telle sorte que si, sur un point quelconque de la lande, on ouvre un fossé de 0m,40 à 0m,50 de hauteur, dont le plafond soit dressé suivant un plan bien parallèle à la pente générale du terrain, on est certain que ce fossé pourra être exécuté dans toute son étendue sans nécessiter des déblais de plus de 0m,60 à 0m,70 centimètres de profondeur, et qu'il écoulera parfaitement toutes les eaux qui y arriveront; traversant d'ailleurs un terrain de sable très perméable, il attirera à lui les eaux superficielles jusqu'à une assez grande distance; et comme la pente de ce fossé, tout en étant bien suffisante pour l'écoulement des eaux, n'est jamais de 0m,001 à 0m,003 par mètre, les eaux y couleront toujours lentement et régulièrement sans en corroder les bords. Par suite de la perméabilité du terrain, il suffira du reste que ces fossés soient à des distances encore assez grandes les uns des autres pour obtenir le desséchement complet du terrain.

C'est ce système d'assainissement qui a d'abord été appliqué par nous en 1849 aux landes de Saint-Alban que nous avons mises en exploitation; ces landes étaient si inondées qu'on ne pouvait y circuler la moitié de l'année que sur de hautes échasses. Des fossés de 1m,20 de largeur en gueule, sur 0m,40 de profondeur, ont été ouverts dans le sens de la plus forte pente et dans une direction perpendiculaire; la longueur totale des fossés a été de 400 mètres par hectare.

L'effet de ces fossés, qui constituaient un véritable drainage à ciel ouvert, fut complet et immédiat. Le terrain fut si bien asséché, que pendant les plus fortes pluies d'hiver, pendant que l'eau coulait abondamment dans tous les fossés et avec une remarquable régularité, le terrain ne présentait nulle part à la surface la moindre trace d'eau stagnante; toute l'eau pluviale qui tombait traversait immédiatement le sol pour se rendre aux fossés, sans qu'on en vît même courir la moindre partie à la surface du sol.

On peut d'ailleurs se faire une idée de la régularité et de la faible vitesse avec laquelle l'eau coulait dans les fossés, par ce fait que, depuis plus de douze ans que nos 200 kilomètres de fossés reçoivent toutes les eaux de la propriété, et même une assez grande partie des eaux supérieures, il ne s'y est pas produit la moindre corrosion.

Le sol ainsi assaini pouvait recevoir toutes les cultures compatibles avec sa nature; mais dans un tel terrain composé d'un sable pur, sans mélange de calcaire et d'argile, et privé de population, la culture immédiate en grand des céréales ne pouvait se faire qu'avec d'énormes dépenses. C'est à peine si dans des terres de bonne qualité où ne manquent ni les engrais ni la population, la culture des céréales peut payer le cultivateur; que serait cette culture aujourd'hui dans les terres maigres des landes, où manquent à la fois les amendements, les bras et les engrais!

La culture forestière, au contraire, qui réussit si bien d'elle-même, sans soins et sans efforts, sur les points isolés où le sol est naturellement assaini, indiquait clairement ce que nous avions à faire d'abord pour la mise en valeur immédiate de toute cette vaste étendue de terrain, où l'on ne pouvait appeler tout de suite toute la population nécessaire pour y développer de riches cultures.

Climat. Le terrain sablonneux des landes, si propice aux essences forestières, est placé d'ailleurs dans un des climats de France les plus favorables à la végétation. L'air y est vif, il y règne, dès le mois de mars, un soleil déjà chaud et fécondant; il y tombe toujours aussi, du mois de mars au mois de mai, des pluies fréquentes provenant du voisinage de l'Océan et des vents de mer qui règnent souvent sur la côte, mais dont les landes sont en partie garanties par les hautes dunes qui longent le littoral.

Ces eaux de pluie restant toujours stagnantes à la surface, par suite de l'imperméabilité du sous-sol, et

de l'horizontalité du terrain, tous les semis de glands faits jusqu'ici n'avaient pu réussir facilement, malgré les excellentes conditions climatériques du pays, parce que, pendant les deux mois du printemps, au moment de la germination naturelle, la chaleur solaire qui devait faire germer la graine était presque entièrement absorbée par l'eau qui couvrait le sol. Ce n'était guère que vers le milieu de juin, ou tout au plus à la fin de mai, que la terre, dégagée des eaux pluviales de l'hiver, recevait la chaleur nécessaire à la plante. Le gland germait bien alors quelquefois mais avec peine; puis quand arrivait la chaleur du mois de juillet, le plant, à peine naissant, ne pouvait résister au soleil brûlant de cette saison, et mourait en juillet pour n'avoir pas pû naître en avril. Pour les semis de pin, le mal n'était pas aussi grand, parce que cette essence pouvant végéter à peu près à toutes les époques de l'année, et résistant mieux aux chaleurs de l'été, pouvait triompher plus facilement des mauvaises conditions du terrain. Mais sa végétation n'en souffrait pas moins, et en ne commençant à pousser qu'au mois de mai ou au mois de juin, il était naturellement bien moins développé que s'il avait pu profiter dès le mois de mars de la chaleur solaire de cette époque, qui allait en quelque sorte s'éteindre dans l'eau qui baignait le sol où il se trouvait. Sur quelques points même où l'eau séjournait jusqu'au milieu de l'été, la graine elle-même ne pouvait germer. Aussi, au milieu des semis de pins tentés jusqu'ici dans la lande non assainie, parmi des arbres jaunâtres et souffrants qui disputaient chaque printemps à l'eau une partie de la chaleur nécessaire à leur végétation, voyait-on de nombreux vides où le pin n'avait jamais pu sortir et où toutes les dépenses de défrichement et de semis avaient été faites en pure perte.

En semant, au contraire sur le terrain assaini de manière à ce que l'eau ne fasse que traverser le sol, le gland et la graine de pin ont pu germer partout dans le courant de mars, sous la double influence des pluies du printemps, dont l'eau ne fait que traverser et arroser la terre, et d'un soleil déjà chaud à cette époque, dont toute la force est employée à féconder la végétation; et au mois de juillet, les jeunes plantes, qui ont poussé promptement leurs racines dans un sol léger et très divisé, se trouvent assez profondes et assez fortes pour résister au soleil et pouvoir reprendre dès les premiers jours de printemps leur active végétation.

Un fait qui s'est présenté d'une manière remarquable et qu'il était facile du reste de prévoir, c'est que, dans ces parties basses où le pin ne pouvait venir parce que la graine y était noyée, la végétation s'est développée après l'assainissement avec une activité bien plus grande encore que sur les autres points, Les eaux y avaient entraîné, en effet, chaque hiver, tous les détritus végétaux ou animaux, tous les engrais que les moutons y avaient déposés; de telle sorte que ces parties, perdues jusqu'ici pour toute végétation, se sont trouvées, par le fait du desséchement, être les parties les plus fertiles de la lande.

Après avoir appliqué, à l'automne de 1849, le système d'assainissement que nous venons d'expliquer, sur les landes de Saint-Alban, situées sur une des parties du plateau les plus fatiguées par les eaux, nous y fîmes exécuter, au mois de mars, des semis de pins et de chêne. Ces semis réussirent si bien qu'en 1855 nous pûmes envoyer à l'Exposition universelle de Paris des sujets qui avaient jusqu'à 4 mètres de hauteur, 0m,10 de diamètre.

Ces résultats parurent si remarquables au jury international, qu'il voulut faire visiter sur les lieux les semis faits, qui se développaient alors sur une étendue de 500 hectares. Cet examen fit reconnaître :

1° Que la bonne venue des arbres était aussi remarquable sur toute la surface des landes assainies;

2° Que le système d'assainissement appliqué à ces landes était aussi simple que peu coûteux;

3° Que le même système pouvait être appliqué avec la même facilité sur toute l'étendue de 8,000 kilomètres carrés de terres incultes et insalubres qui existaient encore sur cette partie du sol de la France, et en permettre une mise en valeur rationnelle.

Le jury international fit constater aussi que sur tous les points où le terrain des landes se trouvait naturellement dans les conditions d'assainissement où nous pouvions mettre toute l'étendue des landes, au moyen de nos fossés d'écoulement, il existait des arbres déjà âgés qui s'étaient développés chaque année d'une manière aussi remarquable que ceux venus dans les landes inondées, après notre assainissement préalable, ce qui ne pouvait laisser de doute pour l'avenir des semis faits dans ces derniers terrains.

PINCEAUX. Nous avons décrit à l'article BROSSE la manière dont se confectionnent les pinceaux grossiers ou brosses en poils de sanglier, qui sont employés dans la peinture en bâtiment; il nous reste à dire quelques mots sur la fabrication des pinceaux fins que l'on fait en poil de la queue des martes, blaireaux, etc. On dégraisse d'abord les poils en lavant les queues dans une dissolution d'alun, puis les laissant dégorger dans l'eau; on les couche dans la même direction, on les laisse sécher, on les coupe au ras de la peau, et on les range en différents tas suivant la différente longueur des poils. On pose ensuite ces tas, la pointe en haut, dans un petit godet en fer blanc à fond plat; on frappe sur le fond du godet, les poils se rangent parallèlement les uns aux autres, et on les classe de nouveau, avec beaucoup de soin, de manière à ce que tous ceux d'un même tas aient exactement la même longueur, parce que la perfection du pinceau dépend de cette condition.

On prend la quantité de poils nécessaire pour un pinceau, et on la met dans un godet, la pointe en bas, puis on les range par une légère secousse: on les réunit par une ligature faite avec du fil fin, et on les lie ensuite par un fil plus gros, en serrant fortement les nœuds. Enfin, après avoir coupé de niveau les poils de la brosse qui excèdent les ligatures, on les introduit par le haut d'un tuyau de plume d'oie ou de cygne, taillé en bec de flûte, l'autre bout étant coupé droit en une partie dont le diamètre est moindre, et on pousse le pinceau jusqu'à ce que les poils viennent faire une saillie suffisante en avant du bout coupé droit; on a soin d'amollir préalablement la plume dans l'eau pour qu'elle ne se fende pas.

Les pinceaux plats, dits *palettes* ou *queues de morue*, se fabriquent à peu près de même; seulement on étend les poils à plat et on les colle entre deux cartes; on les adapte ensuite à des manches de forme variable, suivant l'usage auquel ils sont destinés.

PIPE. L'usage de fumer le tabac est actuellement si répandu, surtout en Europe, que la fabrication des pipes constitue une industrie d'une grande importance. Les pipes communes se font en terre cuite, et rentrent dans la classe des faïences fines; nous décrirons cette fabrication à l'article POTERIE. Dans quelques pays, et surtout en Allemagne, on se sert beaucoup de pipes en porcelaine. On fait aussi des pipes en argent, en fer peint, en bois, etc., dont le fourneau est doublé intérieurement en terre de pipe; on y adapte un tuyau en roseau ou en bois odoriférant, qui est ordinairement réuni à un bout en corne ou en ambre jaune par un tuyau flexible, que l'on obtient en entourant un cylindre d'un fil de fer fin, dont les circonvolutions se touchent, aplatissant le fil au marteau, de manière à bou-

PISCICULTURE.

cher les petits vides intermédiaires, puis habillant le tuyau ainsi obtenu avec un tissu composé de fils de gomme élastique et de soie.

Les pipes les plus estimées se font en *écume de mer*, hydro-silicate de magnésie, dont le plus estimé se trouve en Anatolie. On façonne et on moule cette matière à peu près comme la terre à pipe ordinaire; on fait sécher au soleil, puis on chauffe dans un four jusqu'au rouge-cerise; enfin, on fait bouillir les pipes dans du lait, on les sèche de nouveau et on les polit avec de la prêle.

PIPETTE. La pipette est un instrument dont on se sert surtout dans les laboratoires, mais qui est quelquefois employé dans d'autres cas, comme, par exemple, lorsqu'on veut prendre une petite quantité d'un liquide renfermé dans un tonneau sans le mettre en perce. La pipette la plus simple et la plus usitée se compose d'un tube en verre effilé à ses deux extrémités; on plonge l'une de ces extrémités dans le liquide, on fait monter au besoin ce dernier dans le corps de la pipette en aspirant par l'extrémité supérieure, on bouche cette extrémité avec le doigt, et, lorsqu'on enlève la pipette, le liquide y reste par suite de la pression atmosphérique qui s'exerce sur l'extrémité inférieure; on le fait écouler en enlevant le doigt. A l'article ESSAI, nous avons donné des dessins d'une pipette analogue.

PISCICULTURE. Depuis quelques années des plaintes nombreuses se sont élevées sur la dépopulation croissante de nos fleuves et de nos rivières. La pêche fluviatile, qui offrait aux populations riveraines une source abondante d'alimentation agréable et saine, qui constituait une industrie considérable, la pêche fluviatile, disons-nous, est menacée d'une ruine prochaine. Bien des causes ont été assignées à ce triste état de choses, et, il faut le reconnaître, les progrès de l'industrie sont une des plus puissantes. Comme l'a fort bien observé M. Edwards, les barrages qui se multiplient chaque jour le long des petits affluents, s'opposent aux migrations des poissons dont le frai doit être déposé dans le voisinage même des sources. Les ruisseaux ne peuvent donc plus fournir aux rivières un contingent aussi considérable de petits poissons, et la pêche restant la même, l'espèce diminue ou disparaît. Mais les grands fleuves aussi ont à se plaindre directement de l'industrie sous le rapport qui nous occupe. L'établissement des bateaux à vapeur a été signalé depuis longtemps par les pêcheurs comme une cause active de la diminution du poisson, comme on le dit vulgairement; les ondes, soulevées par le passage rapide du bateau, se font sentir avec force jusque sur la rive. La berge est comme rincée par ce flot qui la balaye plusieurs fois par jour, et il est facile de comprendre que le frai déposé près du rivage doit périr en grande partie au milieu de ces remous. Là est, ce nous semble, la cause principale de la dépopulation progressive que présentent certaines rivières naguère renommées pour leur richesse ichtyologique; et, s'il fallait citer un exemple, la Saône nous en fournirait un sensible.

Dès 1848, M. Quatrefages rappela les expériences purement scientifiques de Spallanzani et de ses imitateurs, et celles que le comte de Golstein avait faites antérieurement dans un but tout d'application. (D'après M. Coste, le comte de Golstein n'était que le vulgarisateur des idées de Jacobi, qui avait résolu dès 1750 le problème qui nous occupe.) M. Quatrefages avait conclu du succès qui avait couronné ces diverses tentatives, qu'on pouvait semer du poisson comme on sème du grain. En même temps, il montrait que les fécondations artificielles permettent de rendre le rendement des étangs annuel, de triennal qu'il est resté jusqu'à ce jour; qu'elles facilitent l'acclimation d'espèces nouvelles, dont on pourrait enrichir nos fleuves; qu'elles rendent possible l'introduction en France d'industries déjà florissantes dans d'autres contrées.

La plupart des journaux reproduisirent par extrait cette communication, et c'est alors que l'on apprit avec étonnement que deux modestes pêcheurs, perdus dans une vallée des Vosges, avaient eux aussi abordé le problème et l'avaient complétement résolu. Pour comprendre ce qu'il leur avait fallu de sagacité et de patience, il suffira de rappeler que ces pêcheurs étaient complétement étrangers aux études physiologiques; qu'ils avaient dû, par eux seuls et sans guide, tout apprendre et tout imiter dans les procédés suivis par la nature pour assurer la multiplication des poissons.

MM. Gehin et Remy durent d'abord s'assurer de ce fait, que chez les poissons il n'y a pas d'accouplement, et que, contrairement à ce qui se voit chez les animaux dont l'observation est la plus journalière, les œufs sont pondus d'abord par la femelle, puis fécondés par le mâle. Tous ces actes, en quelque sorte préliminaires, ne s'accomplissent guère que de nuit au commencement de la saison froide, et peu de savants de cabinet auraient eu sans doute la ténacité d'observation que nos pêcheurs ont montrée en cherchant à en reconnaître toutes les circonstances.

De cette connaissance une fois acquise, passer à l'imitation et arriver aux fécondations artificielles, peut paraître aujourd'hui chose aisée. La science a tant de fois reproduit ce fait qu'il n'a plus rien qui nous étonne. Mais si l'on se reporte par la pensée au temps des expériences de Spallanzani; si l'on se rappelle l'enthousiasme qu'elles excitèrent dans toute l'Europe, on reconnaîtra que MM. Gehin et Remy ont fait preuve d'une intelligence et d'une hardiesse d'expérimentation qui justifie pleinement les récompenses honorifiques que la Société d'Emulation des Vosges crut devoir leur accorder.

Le savant de Modène s'était proposé seulement de reconnaître les lois qui président à la reproduction des êtres vivants. Il n'avait pas à se préoccuper de l'élevage des animaux qu'il observait dans son laboratoire. Le but de nos pêcheurs était tout autre. Il s'agissait pour eux d'assurer et d'étendre une industrie qui était leur gagne-pain. Ils avaient donc à élever les jeunes poissons éclos entre leurs mains, et à se créer des réserves, des espèces de pépinières où ils pourraient emmagasiner leurs produits pour les écouler au besoin. Ici commençait tout un ordre nouveau de difficultés, Si MM. Gehin et Remy avaient opéré sur des espèces herbivores, sur des carpes, par exemple, leur tâche aurait été bien simplifiée. Les carpillons auraient trouvé dans la vase et sur les bords d'un étang ou d'un ruisseau une nourriture toute préparée. Mais nos pêcheurs élevaient des truites, et à ces poissons carnassiers il fallait une nourriture appropriée à la fois à leur âge et à leurs instincts. Ce problème assez difficile fut également résolu à la suite d'expériences fondées sur l'observation.

MM. Gehin et Remy avaient vu les petites truites se nourrir, au moment de leur naissance, de la substance comme mucilagineuse qui entoure les œufs. Ils songèrent d'abord à leur fournir une nourriture analogue et leur donnèrent du frai de grenouille, ce qui réussit fort bien. Quand les truitons, devenus un peu plus forts, demandèrent une nourriture plus substantielle, leurs éleveurs eurent d'abord recours à la viande hachée, et entre autres à des intestins de mouton ou de bœuf, coupés en lanières très minces. Mais plus tard, ils recoururent à un procédé bien plus ingénieux, et qui mérite réellement l'épithète de scientifique. Pour nourrir leurs petites truites, ils semèrent à côté d'elles d'autres espèces de poissons plus petites et herbivores. Celles-ci s'élèvent et s'entretiennent elles-mêmes aux dépens des végétaux aquatiques. A leur

PISCICULTURE.

tour, elles servent d'aliment aux truites, qui se nourrissent de chair. Dans la rivière de MM. Gehin et Remy, tout se passe donc maintenant comme dans la nature entière. Ces pêcheurs sont arrivés à appliquer à leur industrie une des lois les plus générales sur lesquelles reposent les harmonies naturelles de la création animée.

MM. Gehin et Remy n'ont pas borné les applications de leurs recherches aux ruisseaux exploités par eux. Appelés dans diverses communes, ils ont rempoissonné des cours d'eau depuis longtemps dépeuplés; et dans une seule rivière, la Mosselotte, un des affluents de la Moselle, ils ont semé environ 50,000 truitons, qu'on pêche aujourd'hui à l'état adulte. Leur réputation s'est étendue, et l'année dernière, l'un d'eux, appelé à Huningue, a employé ses procédés pour la multiplication du saumon avec un succès comparable à celui que le comte de Golstein avait obtenu il y a près d'un siècle.

Les essais provoqués par la publication de la note dont nous avons parlé, par la divulgation des succès qu'avaient obtenus MM. Gehin et Remy, ont été nombreux en France, et presque partout ils ont pleinement réussi. Ils ont porté sur des espèces assez variées. C'est ainsi que dans la Bresse et du côté de Dijon, on a opéré sur des tanches, sur des carpes, sur des brochets, sur des perches. L'application pratique des fécondations artificielles à l'élève des poissons est donc aujourd'hui hors de doute. Or, semer des espèces herbivores destinées à être mangées par des espèces carnassières qui elles-mêmes serviront de nourriture à l'homme, c'est incontestablement un des moyens les plus simples et les moins dispendieux de créer des aliments de nature animale. A ce titre, l'industrie dont nous parlons nous semble digne du plus grand intérêt.

En Angleterre, où des tentatives du même genre ont été faites sur une grande échelle et avec le même succès, de riches propriétaires, des compagnies puissantes se sont mises à l'œuvre, et le rempoissonnement a été opéré sur quelques points dans de très larges proportions. En France, le morcellement de la propriété, la médiocrité des fortunes, opposera, nous le craignons bien, un obstacle à des entreprises de ce genre. Quelques hommes dévoués pourront bien semer des poissons dans les affluents d'un fleuve dans le but de le repeupler; mais des efforts individuels ne sauraient avoir des résultats bien considérables, du moins tant que les procédés à employer ne seront pas devenus populaires. L'intervention du gouvernement nous semble donc ici pleinement justifiée.

Nous donnerons ici, d'après M. Coste, membre de l'Institut, qui a parfaitement réussi dans de nombreuses expériences faites dans la cour du Collége de France, le mode d'opérer et les détails des appareils convenables pour réussir dans des opérations qui passeront sûrement dans la pratique et pourront devenir pour le pays, une source importante d'accroissement de richesses.

Lorsque l'époque de la ponte de l'espèce de poissons qu'il s'agit de multiplier est arrivée, et que l'on a réuni des poissons mâles et femelles de cette espèce, on opère comme il suit : On prend un grand vase à fond plat, de faïence ou de verre, on y met un ou deux litres d'eau, puis on se dispose à y répandre les œufs de la femelle. Pour cela la saisissant, comme le représente la figure 1, on repousse doucement les œufs vers l'ouverture anale et ils sortent, s'ils sont mûrs, par la plus faible pression.

Cela fait, l'eau étant restée bien claire, on exprime de la même manière la laitance du mâle. Si elle est à l'état de complète maturité, elle coule blanche et épaisse comme de la crème, et dès qu'il en est assez tombé pour que le mélange prenne les apparences de petit lait, et pour cela il suffit de partie de celle que peut fournir le mâle, la saturation est suffisante. On agite alors ce mélange doucement, avec l'aide d'un long pinceau, pour que le contact soit intime.

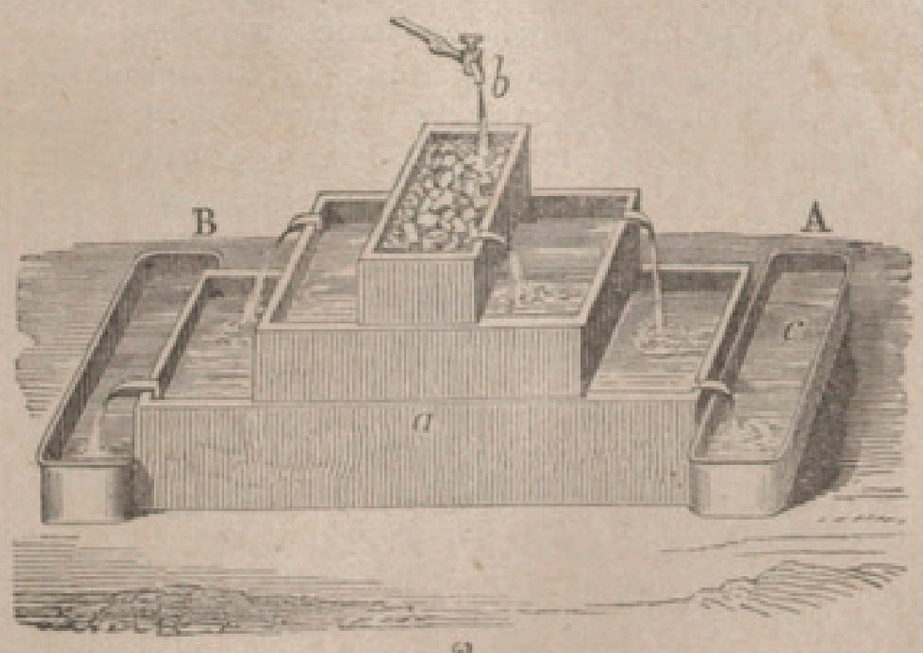


1.

On peut aussi pour opérer ce mélange intime recevoir les œufs et la laitance dans un petit panier à mailles très fines. On élève ensuite et l'on abaisse, on agite en tous sens cette corbeille, en évitant de la faire jamais sortir du liquide. Après un repos de deux ou trois minutes la fécondation est accomplie et l'on verse ces œufs, avec l'eau qui les renferme, dans des bassins à éclosion.

Remy se sert pour botte à éclosion de boîtes en fer blanc percées d'une multitude de petits trous qu'il dépose sur le sable dans un endroit où l'eau est bien courante. Ce système offre l'inconvénient de ne pas permettre de suivre l'opération et par suite de ne pas savoir si quelque accident n'en compromet pas le succès

La fig. 2 représente l'appareil employé avec succès



2.

par M. Coste. Il est formé par un assemblage de petits canaux parallèles, disposés en gradins de chaque côté d'un canal supérieur, qui les domine tous et sert à les alimenter.

Après avoir garni chacun de ces canaux d'une claie

d'osier, posée à un pouce au-dessous de la surface de l'eau, on place la machine sous un robinet, de manière que le liquide tombe à l'une des extrémités du canal supérieur. Un courant s'établit vers l'extrémité opposée, et de là une échancrure latérale lui offrant une issue à droite et à gauche, il se brise en deux chutes d'eau qui vont alimenter les deux canaux situés au-dessous. Une disposition semblable à la partie inférieure transforme tout le système en une espèce de ruisseau artificiel.

On dépose sur les claies d'osier les œufs qu'on veut faire éclore, et qu'on peut séparer par espèces. Le courant continu qui fait passer sur eux une couche d'eau d'un pouce d'épaisseur au plus suffit pour empêcher la formation des byssus, sorte de végétation, de moisissure qui les fait souvent périr. Nous recommandons pour suivre tous les phénomènes de l'éducation des jeunes poissons les grands vases en verre qui, employés au *Zoological-Gardens* de Londres, font de la vie intime des poissons un spectacle fort curieux.

Nous terminerons en faisant remarquer que la production du poisson n'est pas seule à considérer, il y a lieu de se préoccuper de la nourriture, tant pendant les premiers temps, dans le réservoir où les œufs sont éclos, que plus tard quand on les mettra en liberté.

Dans le premier cas de la chair cuite et broyée réussit parfaitement. M. Berthot, ingénieur des ponts et chaussées, qui a établi un admirable établissement sur les bords du canal du Rhône au Rhin, destiné à repeupler les eaux du Rhône, où il peut déjà envoyer un million de saumons, nourrit les élèves avec de la chair crue et pilée de poissons blancs.

Dans le second cas il faut embrasser le problème dans toute son étendue et, comme l'a senti Remy, développer les espèces herbivores en même temps que celles plus précieuses dont le développement doit être surtout le but des efforts du pisciculteur.

Ce n'est pas seulement dans la voie que nous venons d'indiquer que de grands résultats peuvent être obtenus. Bien souvent le frai, difficile à obtenir, est fourni naturellement en grande abondance. M. Coste a montré que pour les anguilles, les écrevisses, les huîtres notamment, quelques soins donneraient des résultats merveilleux. Il reste encore à étendre ces belles études aux poissons de mer et accroître ainsi les produits déjà si considérables de la pêche côtière; il n'est pas douteux que d'importants résultats seront obtenus prochainement dans cette voie. (Voy. *Complément.*)

PISÉ. A l'article MAÇONNERIE, on a vu que, sous le nom général de *maçonnerie*, on comprend tous les travaux qui se font pour la construction des édifices, et dans lesquels entrent les pierres naturelles et artificielles, mises en œuvre avec des mortiers ou du sable. Par extension, on donne ce nom à une construction dans laquelle la pierre et le mortier sont remplacés par de la terre : c'est ce que l'on appelle la *maçonnerie en pisé* ou simplement *pisé*.

Ce mode de construction, très employé dans le midi de la France, surtout dans les départements de l'Ain, du Rhône, de l'Isère, etc., mériterait d'être répandu dans toutes les localités où l'on fait des constructions en bois; car, comme nous le verrons plus loin, les constructions en pisé sont de beaucoup préférables à celles en bois.

Les constructions en pisé étaient connues des anciens. Pline nous dit que ce mode de construction était employé au temps d'Annibal (liv 35, chap. 14).

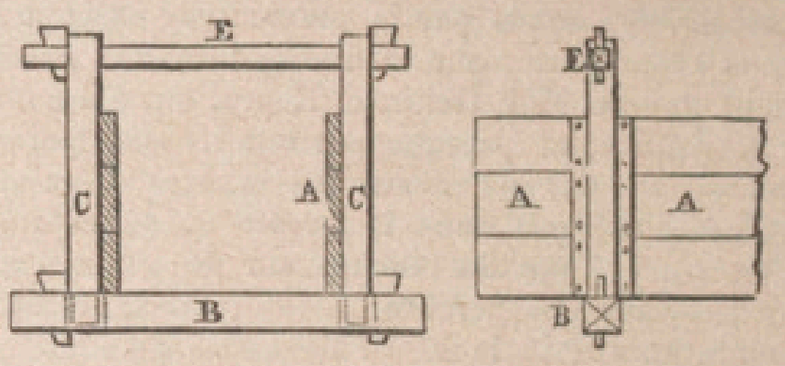
Toutes les terres, qui ne sont ni trop grasses ni trop maigres, conviennent pour les constructions en pisé. La terre la plus convenable est la terre à briques.

La terre sablonneuse qui n'a pas de liant ne peut être employée. En ajoutant du lait de chaux à de la terre un peu maigre, on a un mélange préférable à la terre à briques.

Pour préparer la terre, on la fait passer à travers une claie, qui retient les parties de la grosseur d'une noix; on l'humecte avec de l'eau, puis on la malaxe comme la terre à briques. On reconnaît qu'elle a été suffisamment travaillée, lorsqu'en en prenant une poignée, et la jetant sur le tas, elle garde la forme qu'on lui a donnée. On empêche les fissures ou le danger de les voir se produire, en mêlant à la terre, lorsqu'on la pétrit, de la paille ou du foin.

Il y a deux manières de faire les murs en pisé. La première, et la plus simple, consiste à poser la terre dans l'emplacement du mur, et à dresser le mieux possible les parements avec une fourche ordinaire.

La seconde, plus parfaite, exige un appareil spécial. Cet appareil (fig. 2026 et 2027) se compose d'un encaissement formé par deux tables en bois de sapin A, A,



2026. 2027.

appelées *banches*; ces banches se posent sur quatre traverses B, B. Chaque traverse porte deux mortaises dans lesquelles viennent se loger les tenons des poteaux ou aiguilles C, C, réunis à leur partie supérieure par la traverse E E. Les coins D, D servent à faire avancer ou reculer les aiguilles dans les mortaises des traverses, et par suite à rapprocher ou à éloigner les banches.

On laisse à l'intérieur des banches un espace égal à la plus grande épaisseur du mur; puis, comme cette épaisseur diminue à mesure que le mur s'élève, on peut, comme nous l'avons déjà dit, rapprocher les banches, et par suite les aiguilles, au moyen des coins D, D.

Les banches ont de $3^m,30$ à $3^m,40$ de long sur $0^m,95$ de hauteur, les aiguilles ont $1^m,40$, les traverses $1^m,15$ sur $0^m,10$, les coins $0^m,40$ de haut, $0^m,03$ en bas et $0^m,20$ en haut.

L'appareil étant monté comme nous venons de le dire, les aides apportent la terre préparée; ils l'étalent avec leurs pieds et en forment une couche de $0^m,10$ d'épaisseur. Ils la battent ensuite avec un *pisoir* jusqu'à ce que son épaisseur soit réduite de moitié. Le pisoir est une masse de bois de $0^m,27$ de haut. On le fait en bois dur et liant comme du frêne. La partie méplate est la plus essentielle; elle doit être bien lisse, bien unie, et disposée de manière à pouvoir atteindre dans toutes les parties de l'encaissement.

Le pisoir doit être tourné à chaque coup, de manière à croiser les effets de la pression et les traces qu'il imprime sur la couche de terre, et à la masser également dans toute son étendue. Dans quelques localités, le pisoir a la forme d'un cône tronqué.

Quand la première couche a été comprimée, des aides apportent de nouveau de la terre et font une nouvelle couche. On répète ainsi cette opération jusqu'à ce que les banches soient remplies; c'est ce que l'on appelle *faire une banchée*. Une fois arrivé à ce point, on desserre les coins, on enlève les aiguilles, on retire les crevasses, et on remonte l'appareil sur la partie qu'on vient d'achever. On opère ainsi par rangs de niveau, et les parties d'un même rang se joignent suivant un joint incliné.

Pour former la première banchée, quand on commence un mur, on met une planche à l'extrémité de l'encaissement; l'autre extrémité se termine par un talus. Les angles se font avec plus de soin que le reste du mur; il faut pilonner le pisé avec plus de soin. On place alternativement à chaque assise les banches tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre.

Si l'on veut qu'un mur en pisé ait de la durée, il faut le recouvrir d'un enduit de mortier ou de lait de chaux, afin de le mettre à l'abri de la pluie. Mais avant de mettre cet enduit, il faut s'assurer qu'il est bien sec à l'intérieur; car, s'il en était autrement, cette humidité en s'échappant se porterait à la surface et détacherait l'enduit.

Il ne faut pas craindre de laisser sécher le pisé; plus il sera sec, et mieux l'enduit s'y fixera.

Dans le département du Rhône, un mur de 0m,54 à 0m,60 d'épaisseur, fini au commencement de mai, est tout à fait sec à la fin de septembre ou au commencement d'octobre; ceux achevés en juillet et août peuvent encore être enduits avant l'hiver. On comprend, du reste, que la durée de la dessiccation doit varier avec les différentes localités; on ne peut donc rien dire à cet égard.

D'après ce que nous venons de dire, on voit que le pisé ne peut servir à faire des constructions considérables; cependant Rondelet (*Art de bâtir*, tome II) cite un château du département de l'Ain tout bâti en pisé. Dans les localités où on l'emploie, il sert surtout pour faire les murs de clôture et des maisons de peu d'importance, peu élevées et surtout peu chargées.

Pour les murs de clôture, on les recouvre par un toit en chaume chargé par un chaperon en terre qu'on renouvelle à mesure qu'il se détruit. En outre, si l'on veut que le mur ait de la durée, il faut faire sa fondation en maçonnerie, afin que l'humidité ne vienne pas détruire la cohésion de la terre.

Pour les maisons, on fait également les fondations en maçonnerie; de plus, les jambages et les linteaux des portes et des fenêtres se font quelquefois en bois, en pierre ou en briques. Dans quelques endroits, on a fait les angles avec de la pierre de taille; mais cette construction est vicieuse, car il en résulte des tassements inégaux nuisibles à la durée des constructions. On augmenterait considérablement la solidité des murs, en mettant des lattes horizontales dans leur épaisseur.

Le pisé bien préparé, et recouvert convenablement d'un enduit, donne des constructions qui, avec le temps, deviennent très solides. Rondelet dit que, pour faire des trous dans un mur en pisé, on a été forcé d'employer des marteaux à pointes et à taillants. Les constructions en pisé mettent à l'abri du chaud et du froid, ne laissent aucun passage aux animaux nuisibles; enfin, elles sont à l'abri de l'humidité. On voit donc que ce mode de construction pourrait être employé avec succès dans l'architecture rurale, partie si intéressante et pourtant trop peu étudiée par nos architectes. A. C.

PISTOLET. Voyez ARMES A FEU.

PISTON. Voyez MACHINE A VAPEUR et POMPE.

PITON. Anneau de fer forgé ayant une queue ou tenon à vis ou pointu, et qui sert à recevoir l'anse d'un cadenas, le bout d'un crochet ou d'une tringle, etc.

PITTACAL. Produit découvert dans le goudron de bois par Reichenbach. N'a jusqu'ici aucun emploi.

PIVOT. On désigne sous ce nom l'extrémité des axes verticaux animés d'un mouvement de rotation sur eux-mêmes; ils portent à la partie inférieure sur des crapaudines, que l'on place ordinairement sur un levier que l'on peut élever ou abaisser au besoin, à l'aide d'une vis ou de tout autre mécanisme, soit afin de pouvoir remédier à l'usure du pivot ou de la crapaudine, et par suite à l'abaissement de tout le système, soit afin de satisfaire aux exigences du travail à produire, comme dans des meules de moulin.

PLACAGE. (*Ébénisterie.*) C'est l'opération de recouvrir, avec un bois scié en feuilles de peu d'épaisseur, des meubles fabriqués avec un bois ayant moins de prix que le bois employé pour placage.

On plaque les meubles avec les différents bois dont nous avons donné la nomenclature au mot BOIS, et avec l'ivoire, l'écaille, la nacre et autres substances. Comme le procédé d'exécution est le même, nous ne ferons mention que du placage le plus ordinaire qui est en bois. Nous ne parlerons pas ici de la fabrication du placage, décrite à l'article SCIERIE et à l'article MENUISERIE du *Complément*.

Avant de dire comment on applique le placage, il convient d'examiner quelles conditions doivent présider à l'exécution des meubles et bâtis destinés à le recevoir. Le bois employé à leur construction devra être très-sec et ayant produit tout son effet. Tous les bois ne sont pas propres à être recouverts de placage; les bois forts, les fruitiers, forment de mauvais bâtis; ils sont sujets à se tourmenter encore longtemps, après même leur parfaite dessiccation; les bois noueux, tortillés, ont le même inconvénient; ils se fendent peu, mais, par suite d'un retrait inégal, il s'y fait des bosses et des enfoncements qui occasionnent la rupture du placage et la déformation des surfaces. Les bâtis en bois blancs poreux et composés de beaucoup de morceaux rapportés sont les meilleurs; cependant, pour certains meubles qui ont besoin d'être forts, tels que lits, commodes, tables et autres, il faut employer des bois résistants, tels que le chêne bien sec, sans nœuds ni gerces, le hêtre, le châtaignier. Si les assemblages sont à *queues*, elles seront *recouvertes*. Dans aucun cas, le placage ne devra être posé immédiatement sur un assemblage à queues découvertes ou chevillé; cette règle est de rigueur, et en voici les raisons : la colle prend difficilement sur le bois debout; mais c'est encore là le moindre des désagréments, car on y remédie en partie en humectant les parties de bois debout avec de bonne eau-de-vie, ou en les frottant avec de l'ail; celui auquel il n'est nullement possible de remédier résulte du passage alternatif du bois debout au bois de fil, qui a lieu dans tous les assemblages à queues non recouvertes, l'opération du retrait ayant toujours lieu dans le sens de la largeur et n'ayant que peu ou point lieu dans le sens de la longueur. De cette disposition naturelle et dépendante de la constitution du bois, il résulte que la partie de l'assemblage qui présente le fil finit toujours par s'enfoncer un peu, tandis que la partie qui présente le bois debout fait saillie; cette inégalité se dessine sur le placage et produit un très-mauvais effet, quand toutefois elle n'est pas une cause de rupture ou de décollement. Les bâtis en grisard, en aulne et autres bois blancs et tendres, ne reçoivent pas bien le placage; ils sont sujets à graisser sous le tranchant de l'outil, et l'on doit les enduire d'avance d'une couche de colle claire, dans laquelle on a mis un peu d'eau-de-vie; on laisse sécher cette couche avant de plaquer.

Lorsqu'il s'agit d'un meuble de prix, on *contre-plaque*, c'est-à-dire qu'on plaque sur le bâtis des feuilles prises dans du bois de choix : ce premier placage couvre les flasches et autres défauts qui pourraient entraver l'opération, et rend le meuble beaucoup plus solide. Dans tous les cas, on ne doit plaquer sur les assemblages que lorsqu'on ne peut s'en dispenser; il vaut mieux préparer à l'avance les assemblages, plaquer les pièces séparément, et assembler après le placage.

La colle employée est la colle forte ordinaire, le meilleure est transparente, sa cassure est vitreuse, conchoïde; elle ne doit point céder sous la pression du doigt. On la broie à coups de marteau, on la laisse gon-

fler dans l'eau froide, et on la fait chauffer au bain-marie. Elle doit filer, claire et jaune; mais avant de la faire chauffer il convient d'avoir disposé les feuilles de placage. Cette opération exige du goût, de l'observation. Si l'ouvrier n'a que ce qui lui est nécessaire pour recouvrir son meuble, il faudra qu'il donne encore plus d'attention à la disposition des feuilles pour que, dans leur agencement, elles offrent des dessins réguliers. S'il a du placage à fournir, il pourra plus aisément, par la concordance des palmes et autres dessins naturels, former des dessins artificiels très-variés, très-agréables et parfois surprenants. On voit des secrétaires et des commodes, sur le devant desquels sont dessinés des gerbes, des berceaux, des couronnes de feuillage, des arabesques. Ces dessins sont le résultat de l'opposition ou de la réunion de deux ou plusieurs feuilles levées sur le même morçeau, qui, vues séparément, n'offraient aucune symétrie, mais dont le déploiement convenablement opéré a produit ces effets dont l'art et la nature ont également fait les frais. Assez souvent, les six feuilles recouvrant les tiroirs d'une commode, ainsi que les bandes qui recouvrent les traverses interposées, sont prises dans la même ronce et l'une à côté de l'autre; ce qui fait qu'étant, pour ainsi dire, les contre-épreuves les unes des autres, il y a dans l'ensemble une parité d'aspect que la main d'un dessinateur habile ne pourrait donner qu'avec peine. S'il s'agit de recouvrir un grand panneau carré, comme l'abattant d'un secrétaire, le côté d'une commode, le dessus d'une table, et si la feuille de placage ne suffit pas pour le couvrir en entier, on met deux ou quatre morceaux et même davantage. Si l'on ne met que deux morceaux, la réunion des deux pièces se fera au milieu, dans le sens vertical s'il s'agit d'une commode ou d'un secrétaire, et en travers et au milieu s'il s'agit d'une table, d'un piano ou de toute autre surface horizontale. Si l'ouvrier est contraint d'employer quatre morceaux, il pourra les tailler indifféremment en carrés parfaits ou en triangles. Nous disons indifféremment, parce que, dans ce moment, nous ne nous occupons nullement de l'arrangement des dessins, et que nous supposons que la symétrie peut exister dans l'un et dans l'autre cas. S'il les coupe en carrés égaux, il formera un grand carré des quatre petits; s'il coupe les morceaux en triangles, il en formera également un carré en réunissant au centre les quatre sommets, les bases des triangles faisant les côtés du carré. S'il s'agit de recouvrir une table ronde, on taille les morceaux en triangles isocèles nombreux dont les sommets se réunissent au centre. Lorsqu'on peut craindre que cette réunion de pointes effilées ne s'exécute pas facilement, on découpe un petit rond qu'on place au milieu.

Avant de tracer et de couper le placage, il faut le dresser. Assez ordinairement il a été roulé et a conservé une courbure difficile à faire disparaître. Lorsqu'il n'a pas été roulé, la sécheresse l'a fait onduler. Dans l'un et dans l'autre cas, si l'on tente de l'aplanir à sec, on risque fort de le rompre. Lorsque le placage est roulé, il faut mouiller un peu, avec une éponge contenant peu d'eau, en dedans de la courbure. L'eau ne tarde pas à le dérouler : on l'applique alors à plat sur l'établi; on le recouvre avec une planche bien dressée que l'on charge de poids ou que l'on fixe à l'aide de plusieurs valets. On en agit à peu près de même lorsque le placage n'est boursouflé que par endroits; on mouille légèrement du côté des creux et on met en presse.

Avant de mettre le placage sur les bâtis, il faut passer sur les surfaces à plaquer un rabot à dents, dit *bretté*, qui prépare le bois à recevoir la colle; on peut se dispenser de cette précaution dans certains cas, lorsque le bois est chanvreux et qu'il ne s'est pas montré luisant sous le tranchant de l'outil. Le placage aplani, on fait chauffer la colle, qui doit être très-chaude. Quelques ébénistes mouillent légèrement le placage du côté opposé à celui qui doit être encollé, et cela pour contrebalancer l'effet de la colle dont l'humidité et la chaleur tendent à faire relever le placage par les bouts: il faut bien que cette précaution ne soit pas absolument nécessaire, car beaucoup d'ouvriers l'omettent sans qu'il paraisse en résulter des accidents graves. Quelques-uns n'encollent que les bâtis; d'autres encollent les bâtis et le placage. Dans l'un et l'autre cas, il faut agir avec célérité, car la colle ne tarde pas à se refroidir et à se figer. Il faut faire attention, avant d'étendre la colle, soit sur le placage, soit sur le bâtis, qu'il ne s'y rencontre aucune place graissée, soit par l'huile, soit par tout autre corps gras, soit encore par des frottements; la colle ne prendrait point dans ces endroits. S'il s'en rencontrait, il faudrait y passer une râpe, afin de faire disparaître le gras.

Toutes les choses étant préparées, on pose le placage; il ne s'agit plus que de le fixer.

Il y a quatre manières de plaquer, c'est-à-dire d'opérer la fixation du placage; avec le *marteau*, avec la *cale*, avec les *sangles*, avec le *sable*; on emploie telle ou telle de ces méthodes, suivant qu'on plaque sur des surfaces courbes ou sur des surfaces planes. Le placage sur ces dernières est le plus facile; nous devons commencer par lui.

Si l'on plaque au marteau, il faut avoir pour cette opération un marteau fait exprès, dont la panne est en travers et très-large, les bords adoucis. On encolle comme à l'ordinaire; on pose le placage. Si l'humidité de la colle fait voiler la feuille, ce qui a presque toujours lieu, on la mouille légèrement par-dessus pour neutraliser la force qui la fait courber. La feuille mise en place, et sans perdre de temps, saisissant le marteau par le manche, on en promène la panne sur le placage, en appuyant et repoussant devant soi, pour chasser la colle qui peut se trouver en très-grande quantité entre le bâtis et le placage : il faut être alerte en faisant cette opération, car la colle fige et se durcit promptement. On maintient le placage de la main gauche, tandis qu'on manœuvre de la droite, en ayant toujours soin d'opposer l'action d'une main à celle de l'autre main. Quelquefois même, dès le principe, l'ouvrier enfonce une ou deux pointes pour fixer le placage, ou bien le maintient avec une petite presse, ce qui vaut encore mieux. Le marteau doit passer partout et faire sortir l'excédant de colle des quatre côtés lorsque cela est praticable. Au fur et à mesure que la colle paraît sur les rives, on l'enlève, afin qu'elle n'y forme point en se figeant un bourrelet qui s'opposerait à une nouvelle sortie de la colle. Tout cela doit se faire très-rapidement, en évitant toutefois de mal présenter la panne du marteau, qui, si elle se trouvait glissant en long, en appuyant plus d'un bout que de l'autre, pourrait sillonner le placage et même le déchirer.

S'il arrivait que des assemblages ou des baguettes en saillie surpassassent une ou deux des rives de la surface à plaquer, et que la colle ne pût trouver d'issue que par les côtés opposés, ce serait vers ces côtés que l'on dirigerait l'impulsion; mais il faudrait aussi ramener sur soi; car il est de bonne pratique de faire faire à la colle que l'on expulse le moins de chemin possible, et l'on y parvient en la chassant toujours du centre aux extrémités. S'il se trouve un joint dans le placage, il faudra bien se garder de pousser la colle vers ce joint; mais bien partir de ce joint pour la pousser vers les extrémités, et passer la panne sur le joint, de manière à ce qu'il se trouve la séparer en deux parties afin de la faire bien prendre. Quelquefois la colle, ayant un trop grand espace à parcourir avant de trouver une issue, se coagule avant d'y parvenir. Dans ce cas, il faut soulever la feuille, passer entre elle et le

PLACAGE.

bâtis une petite cale, qui, en détachant la feuille, offre une issue à la colle. On recule cette cale à mesure que la colle prend, et enfin on la retire tout à fait lorsqu'on est arrivé près de la rive vers laquelle on chasse alors la colle sans difficulté. La feuille plaquée, on s'assure de sa parfaite adhérence en frappant sur plusieurs endroits de sa superficie avec le doigt recourbé ; le son que rend le placage sert d'indice pour reconnaître les points où la colle n'a pas pris. Si l'on découvre un endroit où le placage n'a pas pris, on fait chauffer un fer ressemblant assez à celui dont se servent les tailleurs pour aplanir les coutures, ou bien d'autres diversement contournés, suivant la forme des points à toucher. Ces fers doivent toujours être assez massifs pour conserver longtemps la chaleur. On les promène sur l'endroit où la colle n'a point pris, afin de l'échauffer assez pour qu'elle reprenne sa fluidité, puis on passe de nouveau la panne du marteau. Cette opération, pour être bien faite, demande une grande attention : un fer trop chaud altère le placage ; peu chaud, il ne fond pas la colle. Quand il est très-chaud, il faut s'arrêter peu et parvenir à réchauffer suffisamment le bois par des passages prompts et successifs. Nous le répétons, cette opération est délicate, et le plus sûr est de bien plaquer dès l'abord, afin de ne pas être contraint d'y avoir recours.

Mais la pièce à plaquer n'est pas toujours d'un seul morceau ; assez communément il s'y rencontre des joints, et le placage est sujet à se lever dans ces endroits. Pour parer à cet inconvénient, on fait bien, avant de mettre la pièce à sécher, de passer le pinceau sur ces joints : la couche de colle qu'il y dépose empêche qu'une dessiccation trop prompte ne fasse soulever la feuille. En général, dans toute espèce de placage, il est prudent de coller des bandes de papier sur les joints.

Quand on plaque au marteau dans des gorges, scoties et autres parties creuses, on se sert d'un marteau dont la panne est arrondie, pour suivre la gorge dans sa longueur, et on emploie le marteau à panne droite pour étendre suivant la largeur ; mais on a rarement recours au marteau pour le placage des surfaces courbes.

Les surfaces planes sont plus sûrement et plus promptement plaquées à la *cale*, et nous n'aurions parlé que de cette manière plus simple, s'il ne se rencontrait fréquemment des cas où le placage au marteau est indispensable. Le placage à la cale prend son nom d'une planche dressée, qu'on nomme cale, et que l'on fixe sur le placage avec des poids, des valets, ou mieux encore avec des presses.

Les presses à placage sont de deux sortes : les unes simples, d'autres plus compliquées ; ces dernières sont composées de deux montants et de deux traverses : celle du haut est percée de plusieurs trous taraudés dans lesquels entrent des vis à la main. On pose dans le châssis l'objet à plaquer ; on met une cale par-dessus et on fait appuyer les vis sur la cale. Les presses simples, qui coûtent de 15 à 18 francs la douzaine, sont composées de trois morceaux de bois assemblés d'équerre, et formant par conséquent une espèce de C. Sur la traverse du haut, au bout, est placée une vis à la main en bois qui sert à presser les objets qui se trouvent dans l'ouverture du C. On met un nombre quelconque de ces presses sur les quatre côtés de la cale, qui se trouve de la sorte solidement serrée.

Si l'on veut, au moyen d'une même pression, plaquer simultanément deux surfaces plates, deux devants de tiroir de commode, par exemple, on répand sur le dessus du placage de la poudre de savon, ou bien l'on frotte les deux feuilles avec du savon sec, ou bien encore on interpose entre elles des feuilles de papier fin ; puis on met placage contre placage et l'on serre le tout avec les presses, en ayant soin de poser autant de presses que la grandeur des panneaux à plaquer l'exige, c'est-à-dire en faisant en sorte que les vis ne soient point éloignées les unes des autres de plus de 15 centimètre à 2 décimètres. Assez ordinairement on met une cale entre les deux placages ; s'il se trouve des joints, il faudra placer à l'endroit de ces joints une petite bande de papier. Il faut serrer les vis jusqu'à ce que toute la colle superflue sorte par les côtés. On laisse le tout ainsi pressé pendant deux ou trois heures, ce temps étant ordinairement très-suffisant. Dans l'hiver, ou durant les grandes chaleurs, la colle ne séchant pas aussi promptement, on fera bien de laisser les pièces pressées plus longtemps ; mais, en général, on peut se dispenser de laisser les vis serrées jusqu'à ce que le collage soit entièrement sec ; lorsqu'il est suffisamment pris on peut retirer les presses ; cependant, si rien ne s'y oppose, on fera bien de ne desserrer que lorsqu'il n'y aura plus à craindre aucune levée de placage. Les lieux où l'on plaque ne doivent être exposés ni au grand hâle, qui ferait sécher trop promptement, ni humides, parce que l'humidité retarde la prise de la colle, ou même lui est tout à fait contraire. Tous les ébénistes s'accordent sur ce point que, dans la plupart des cas, et toutes les fois qu'il peut être employé, le placage à la cale doit être préféré, qu'il est plus sûr que tout autre, qu'il convient également aux grandes et petites surfaces planes, qu'il est aussi praticable pour un grand nombre de surfaces courbes ; qu'enfin il est plus facile à mettre en pratique. Les avis sont partagés sur la matière à employer pour faire les cales ; les uns les veulent en chêne, en hêtre, en orme, en bois dur ; on a été jusqu'à proposer de les faire en fonte de fer ; ils prétendent que les matières dures sont moins sujettes à se déformer et conservent plus longtemps la chaleur ; les autres veulent que les cales soient faites en sapin, en peuplier, aulne ou autre bois léger ; pour les parties droites, pour les moulures et autres parties courbes seulement, ils admettent le chêne ou le hêtre.

Les meilleures cales, de l'avis du plus grand nombre, sont en sapin choisi de fil et sans nœuds ; elles seront d'une épaisseur telle qu'elles ne puissent fléchir sous la pression des vis ; on les met d'épaisseur et on les met d'équerre sur leurs champs, afin qu'elles puissent servir de tous les côtés et même dans l'angle d'une feuillure ; et, pour s'opposer à leur déformation, on met des planchettes qui reçoivent l'impression des vis. Une cale dressée de deux côtés peut servir à plaquer en même temps deux surfaces planes, entre lesquelles elle est interposée.

La colle étendue sur le bâtis et la feuille de placage posée, on la frotte de savon, et après avoir fait chauffer la cale devant un feu clair de copeaux, en la promenant dans tous les sens, afin qu'elle soit bien également chaude partout, et l'avoir elle-même frottée de savon, on la pose sur le placage et on serre les vis des presses.

Quand l'objet sera très-grand et qu'on pourra craindre que la portée des presses ne s'étende pas jusqu'au milieu de la largeur, on emploiera la presse à deux montants, posée en travers avec une planche interposée entre la cale et le bout des vis. On mettra un châssis semblable deux décimètres plus loin, et ainsi de suite selon la longueur. Quelquefois, lorsque cela est praticable, on met le châssis en long et au milieu, et on se sert de presses simples que l'on met sur les quatre côtés du panneau à plaquer.

Le *placage des surfaces courbes* présente plus de difficultés ; le marteau, la cale sont encore employés dans certains cas ; mais ils ne suffisent plus, on leur adjoint les sangles pour les surfaces convexes, les sacs de sable pour les surfaces concaves. Jetons un coup d'œil rapide sur les opérations qui se rencontrent le plus souvent.

Il faudra, autant que possible, si le placage est roulé, profiter de cette disposition primitive, en s'efforçant de faire concorder la courbure avec la partie courbe qu'il doit recouvrir. Si le placage est droit, il faudra le courber. On y parvient en le mouillant d'un côté et en exposant le côté opposé à un feu clair, dont on doit le tenir assez éloigné. On y parvient encore en l'exposant à la vapeur d'eau bouillante, qui l'amollit et le rend flexible. Enfin on emploie le *fer à rouler*. On nomme ainsi un cylindre de fer, le long duquel on a pratiqué une rainure angulaire, dans laquelle on engage le bout de la feuille de placage qu'on veut rouler. On fait chauffer ce fer, et, après avoir mouillé d'un côté la bande qu'on veut gaufrer, on fait entrer le bout dans la rainure, et en tournant le fer on courbe le placage, en ayant soin que la face mouillée se trouve en dessus, du côté convexe. Souvent on ne met pas de manche au fer à rouler, dont la soie est ordinairement carrée; quand le fer est chaud, on fait entrer cette soie dans un trou carré de calibre, percé sur le derrière de la table de l'établi, on a alors les deux mains libres pour mouler le placage sur le fer chaud. S'il s'agit de revêtir une gorge, on découpe la bande de longueur et de largeur, et posant le placage sur la place qu'il doit occuper, on le courbe sur lieu, en se servant d'un fer chaud dont la forme se rapproche de celle du carreau des tailleurs; la feuille garde sa courbure, et lorsqu'il s'agira de la poser, on aura bien soin de n'encoller que le bâtis, parce que l'humidité de la colle, si on l'étendait sur le placage, pourrait nuire à la courbure qu'on vient de lui donner.

Il faut connaître l'étendue que comprend le déploiement de la moulure avant de couper les bandes qui doivent la recouvrir. S'il s'agit de tore, baguette, quart de rond ou autre moulure en saillie, la mesure de la largeur est aisée à prendre; on courbe sur cette moulure une bande de carton mince égale en épaisseur avec le placage. S'il s'agit d'une gorge, scotie ou autre moulure creuse, on peut prendre cette mesure avec une feuille de plomb laminé égale en épaisseur avec le placage, ou même avec un carton; mais alors l'opération est moins facile. Dans ce cas, on contre-profile la moulure sur le champ d'une planche mince, et on prend la mesure sur la saillie avec une feuille de carton. Il faut avoir soin que le carton soit de même épaisseur que le placage, sans cela on n'arriverait pas juste. En thèse générale, il faut toujours mettre un peu plus que moins; le plus saillant s'enlève avec un coup de rabot, et l'autre placage vient joindre exactement. On se servira également du carton pour prendre la grosseur d'une colonne dans le bas du fût, au-dessus de la base, et en haut, un peu au-dessous du chapiteau. Dans cette opération, il est essentiel d'arriver très-juste; il faut donc veiller avec soin à ce que le carton soit bien exactement de la même épaisseur que le placage. Quant à la théorie enseignée, qui consiste à prendre le diamètre exact de la colonne, à le multiplier par trois, et à y ajouter un septième, elle est assurément très-bonne; mais elle sert peu quand on en est à l'application, parce qu'on ne pourrait mesurer le diamètre qu'avec le compas courbe ou parallèle, qu'on n'a pas toujours sous la main, et que, d'ailleurs, il se trouverait presque toujours des fractions d'une appréciation difficile faute de *mètre* pour les mesurer.

Il faut faire attention, en plaquant les surfaces courbes, que le placage n'ait pas plus de 1 millimètre d'épaisseur. Dans les départements, et chez quelques ébénistes de Paris, on ne plaque point les moulures et les parties délicates, telles que petites doucines, baguettes, listels, etc.; on ajoute des baguettes ou bandelettes massives que l'on profile ensuite; mais cette manière n'est pas, il s'en faut de beaucoup, généralement adoptée.

Passons maintenant à l'application de ces préceptes. Supposons qu'on ait à plaquer une gorge, on découpera le placage, après avoir pris la mesure et fait le tracé, en laissant un peu de bois, l'épaisseur du trait, en dehors du tracé; on donnera à la feuille la courbure nécessaire, soit en la mouillant légèrement d'un côté et

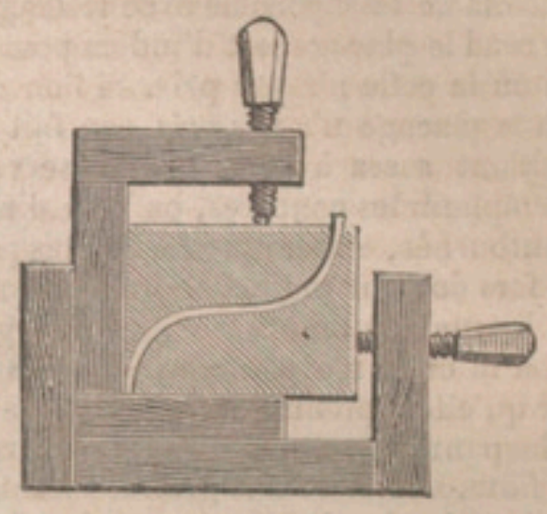


Fig. 1.

la chauffant de l'autre, soit à l'aide de fer. On fera un tore en chêne de fil formant la contre-partie de la gorge qu'on veut plaquer et destiné à servir de cale; on encollera la gorge, on posera la feuille de placage, et après avoir fait chauffer la cale arrondie, on la posera sur la feuille, puis on y appliquera les presses, qui feront prendre le placage. Cette démonstration s'applique au placage de toutes les moulures. La figure 1 fait voir une doucine ainsi plaquée à l'aide d'une cale faisant la contre-partie du bâtis, profilée avec le même outil, mais seulement placée en sens contraire. On fera bien d'avoir toujours un assortiment de cales se rapportant aux moulures qu'on pratique le plus habituellement. On fera attention en contre-profilant les courbes qui doivent presser dans les gorges, que les arcs qui les forment fassent partie d'un cercle plus petit de l'épaisseur du placage que celui qui sert de générateur à la gorge; cette observation est essentielle.

Quand la moulure ne se trouve pas sur plan droit, comme cela a lieu pour les moulures qui décorent un ciel de lit, la base d'une colonne, ou autre poussée sur plan rond, l'emploi de la cale est impossible, ou du moins très-difficile. Dans ce cas, on a recours à des sacs contenant du sable chaud; les sacs remplissent les cavités et cèdent à la résistance des parties saillantes. La toile des sacs doit être souple, le sable qui les remplit doit être tamisé; on le fait chauffer dans un poêle, mais comme le sable garde beaucoup plus longtemps sa chaleur que le bois, il faut avoir soin de ne lui en donner que précisément le degré convenable pour entretenir la fluidité de la colle pendant l'opération.

La figure 2 représente une doucine, ou talon renversé, soumise à la pression des sacs. Sa moulure étant

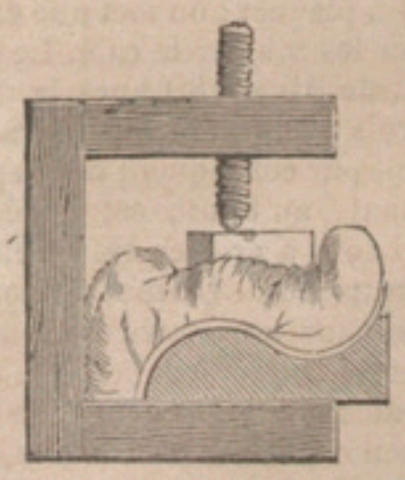


Fig. 2.

faite sur plan rond, le bois se trouve avoir une double courbure : d'abord celle qui résulte du contournement de la moulure, et puis celle qui résulte du cintre que cette moulure décrit autour du bâtis. Dans ce cas, on

doit amollir le placage en l'exposant à la vapeur d'eau bouillante, ou bien le tremper dans de l'eau très-chaude. On encolle le bâtis, on pose le placard, et par-dessus les sacs le plus rapprochés possible, puis sur chaque sac une cale, ainsi qu'on peut le voir dans la figure. Sur les joints, et dans les endroits où les pores d'un bois noueux peuvent faire craindre l'infiltration de la colle qui s'attacherait après les sacs, on met une feuille de papier avant de poser les sacs ; en général cette précaution est toujours bonne.

Quand la gorge ou scotie règne tout autour d'une colonne, on la plaque avec de petits sacs ; mais au lieu d'employer les presses et les cales, ce qui ne serait pas commode, faute de points d'appui pour les presses, on se sert d'une forte corde ou d'une sangle, selon la largeur, que l'on tourne à l'entour, en la serrant le plus possible, en ayant soin que chaque tour passe contre le tour précédent. On se sert d'un garrot pour opérer une forte pression ; on appelle garrot un morceau de bois passé entre les doubles de la corde, comme cela se pratique pour la tension des scies. Lorsque le tout est ainsi pressé, on augmente encore la pression en mouillant la corde, et l'on laisse sécher avant de desserrer. Cette manière de plaquer à la corde ne s'emploie pas seulement pour les bâtis ronds, elle est encore usitée pour les meubles carrés à coins ronds ; mais, dans ce cas, après que la corde est arrêtée, on passe des cales en dessous sous les quatre côtés, lesquelles augmentent la pression sur les coins où elle ne serait peut-être pas assez forte.

On parvient ainsi, en combinant divers moyens, à fixer le placage sur des surfaces qu'il paraissait difficile d'atteindre par la pression. Lorsqu'ils sont insuffisants, la circonstance doit éveiller l'imagination et la solliciter à en trouver d'autres. S'il s'agit, par exemple, de plaquer le cylindre d'un secrétaire, cette pièce, creuse en dedans, convexe en dehors, ne présentant aucun point d'appui, serait fort difficile à plaquer. La

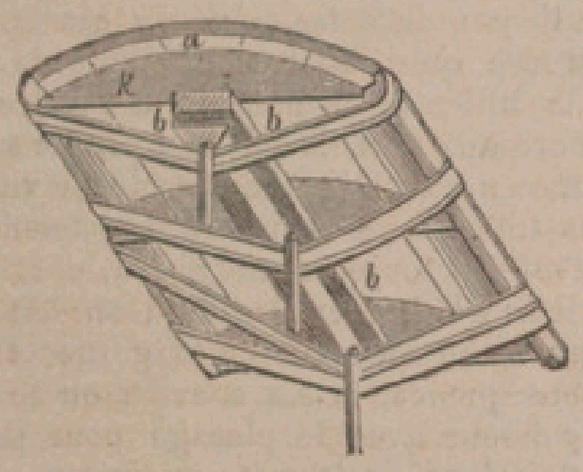


Fig. 3.

figure 3 représente le moyen à l'aide duquel on y parvient. Soit *a* la coupe ou l'épaisseur du cylindre ; on remplit la partie concave avec de fortes planches *k* posées sur champ, ou même avec les calibres qui ont servi à déterminer la courbe intérieure. Ces calibres, au nombre de trois, comme dans la figure, quatre, cinq et même plus, selon la longueur du cylindre, seront placés, un à chaque extrémité, le troisième au milieu, si l'on n'en met que trois, les autres également espacés s'il s'en trouve plusieurs. On fixe ces calibres dans leur position verticale en clouant sur leur champ droit, en travers, une forte planche *b* ; on pose sur cette planche une traverse *c* aussi longue que la planche *b* et que le cylindre. Cette traverse *c*, dont les angles supérieurs sont enlevés et arrondis, est percée de double décimètre en double décimètre de trous taraudés dans lesquels passent les vis à main *d*. Ces vis ne sont pas d'abord mises en place, ou du moins elles sont assez peu enfoncées pour que leurs bouts ne dépassent pas par-dessous. Les choses ainsi disposées, on fait voiler

la feuille de placage à l'aide de l'eau et du feu, on encolle le bâtis, on met la feuille en place, et on la fixe avec des rubans de fil, qui retiennent en même temps la traverse *c*. On enveloppe alors le tout avec des sangles, puis, après avoir mouillé et opérant devant un feu suffisant pour tenir la colle chaude, on commence à tourner les vis *d*, qui, buttant contre la planche *b*, forcent la traverse *c* à s'en écarter, et opèrent par ce moyen l'extrême tension des sangles *e*, *e*, sur la partie convexe. On conçoit que si les calibres *k* n'étaient pas en dedans pour soutenir l'effort de la pression, le cylindre se romprait.

L'opération est la même, quoique plus compliquée, si le dedans doit être plaqué. Dans ce cas, les calibres *k* doivent être plus nombreux et rapprochés au moins à 1 décimètre l'un de l'autre. On fait voiler deux feuilles ; on encolle en dehors et en dedans. On pose des cales minces en long, les calibres par-dessus, et l'on tourne les vis : la même pression opère en dehors et en dedans ; il faut être plusieurs personnes bien alertes et bien entendues pour faire d'un seul coup ce double placage et entretenir un feu clair de copeaux pour chauffer en dehors et en dedans au fur et à mesure qu'on opère.

Nous devons ajouter que les calibres *k* qui soutiennent la pression doivent bien appuyer partout, et qu'il faut coller ou clouer sur les longs champs du cylindre des demi-baguettes, afin que les sangles ne soient point coupées par les vive-arêtes et aussi afin qu'elles glissent mieux en se tendant. Si les calibres ne touchaient point, surtout aux cornes de l'arc, il faudrait passer des cales à ces endroits dans les espaces vides, parce que tout l'effort de la pression ayant lieu sur ces points, la force de tirage pourrait faire céder le bâtis qui, lors du desserrement des vis, ferait probablement, en se distendant, plisser ou lever le placage.

Si l'on plaque le panneau contourné d'un lit à flasque, ou toute autre pièce ainsi contournée et qui doit être revêtue en dedans et en dehors, on combine l'emploi des cales, du marteau, des sangles et des sacs de sable. Nous allons, au moyen de la figure 4, faire

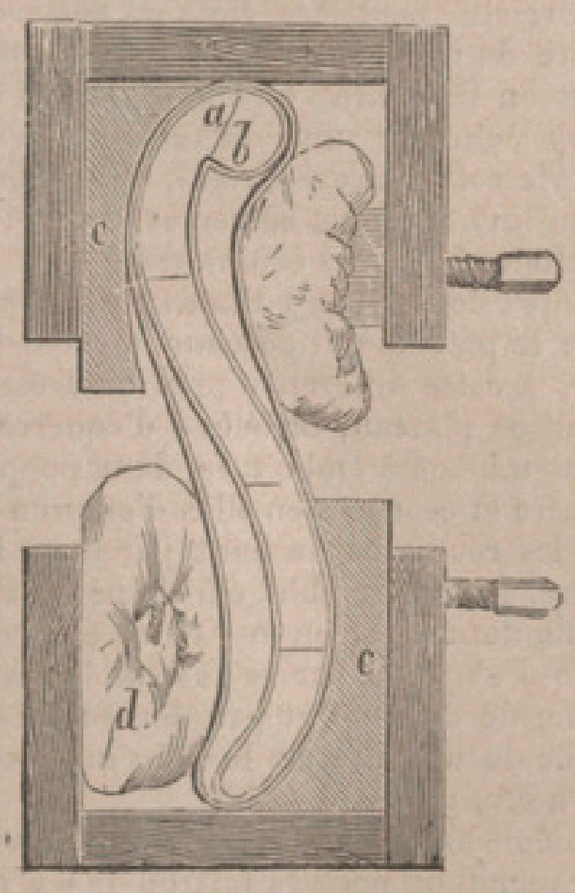


Fig. 4.

comprendre comment on parviendra à surmonter les difficultés que présente cette opération. On clouera ou collera avant tout sur les champs latéraux du panneau des calibres en chêne ayant au moins 3 centimètres d'épaisseur. Ces calibres sont destinés à le renforcer et à empêcher que, faible comme il l'est, étant composé de plusieurs morceaux, et souvent fait en bois blanc, il ne cède sous l'effort des sangles, et l'on plaque d'abord le côté extérieur avant de poser le demi-rouleau a

déterminé par la ligne de joint *b*, qui empêcherait le placage de s'étendre. On plaque quelquefois cette partie au marteau; mais il vaut mieux cependant avoir recours à la sangle. Lorsque les feuilles ont reçu, par les moyens indiqués plus haut, la courbure préalable nécessaire, on encolle le panneau, on pose le placage, on l'arrête avec des rubans, puis on entoure le panneau de sangles dans le sens de sa hauteur. On aurait soin d'humecter et de chauffer un peu le placage, si la courbure n'était pas complète. On posera alors les cales *c* également chauffées par-dessus les sangles non encore tendues, et enfin, s'il en est besoin, on mettra les sacs de sable *d*. On pressera alors, et l'effort des vis appuyant sur les sangles au moyen des cales ou des sacs les feront serrer fortement sur les parties convexes, tandis que les sacs ou les cales s'enfonceront dans les parties concaves et y fixeront le placage. On conçoit qu'il faut, dans le principe, tenir la sangle assez lâche pour qu'elle puisse céder. Quant au demi-rouleau, s'il n'a pas été posé d'abord, et cela a rarement lieu, on le remplace d'abord par un demi-rouleau de rapport qu'on enlève pour placer le véritable lorsque toutes les parties sont plaquées. Ce demi-rouleau se plaque ensuite, au moyen d'une feuille roulée qui prend en avant plus bas que la ligne *b*, et qu'on fixe au moyen de sable; cette dernière méthode est plus facile et plus sûre.

Pour plaquer une colonne, il faut la suspendre entre les pointes d'une espèce de tour à pointes dont nous devons donner la description. Il se compose de deux poupées mobiles dont l'une, celle de gauche, est tout simplement un morceau de bois de 1 décimètre environ d'épaisseur sur 1 décimètre 1/2 de large assemblé d'équerre par emboîture avec un plateau de 5 à 6 centimètres d'épaisseur et de même largeur que la poupée; cette poupée est en outre soutenue par derrière par un arc-boutant solide assemblé avec tenon et mortaise dans la poupée et dans le plateau, et dont la fonction est de s'opposer au recul de la poupée lorsqu'on serre la vis dont il va être parlé.

Cette vis pénètre la poupée vers le haut, sur la ligne du milieu; elle peut être faite en bois ayant au bout une pointe de fer; mais elle rend un meilleur service si elle est en fer, parce qu'elle n'est pas sujette à devenir trop lâche par suite du retrait des bois; la tête de cette vis est forée en travers, et on fait passer dans le trou un levier pour la serrer et la desserrer, comme dans les tours à pointes ordinaires.

La poupée de droite est d'une façon un peu plus compliquée : le plateau qui pose sur la table de l'établi est le même, à cette différence près qu'il est un peu plus long : sur ce plateau, on élève d'équerre, et avec le même assemblage à emboîture, deux poupées l'une devant l'autre et espacées en elles d'environ 25 centimètres; on les réunit par le haut par une planche posée en travers, avec assemblage à chapeau. Pour les consolider d'autant plus, on met entre elles deux un arc-boutant qui s'appuie par le bas sur le plateau près de la planche de derrière et par devant s'assemble dans la planche de devant vers le haut au-dessous du trou dont il va être parlé.

A la même hauteur que le centre de la vis de la poupée de gauche, on percera un trou de 6 à 7 centimètres de diamètre qui traversera les deux planches de la poupée de droite, et dans ce trou on fera passer un rouleau en bois dur, de même diamètre, ayant un renflement par devant, afin qu'il ne puisse point passer d'outre en outre; et par derrière, se terminant par un carré sur lequel on montera une manivelle. Sur le renflement du devant, et bien au centre, on plante en croix quatre petites lames de tôle d'acier, désaffleurant de 4 ou 5 millimètres.

Dans cet état, le tour à plaquer les colonnes est construit; on le fixe sur l'établi à l'aide de valets, en donnant aux deux poupées un écartement en rapport avec la colonne qu'on veut suspendre entre les pointes.

On suspend la colonne entre ces pointes : à gauche, au moyen du pointage qui a servi à la tourner, ou on le fait bien au centre, s'il a été enlevé : sur l'autre bout de la colonne qui doit se trouver à droite, on détermine également le centre, s'il n'est plus marqué, et on donne deux traits de scie en croix, bien d'équerre, dont la rencontre se trouve juste au centre; on fait entrer les quatre petites lames de tôle dans les traits de scie, la pointe de la vis de la poupée gauche dans le pointage, et la colonne se trouve ainsi suspendue, attachée au rouleau qui est à la droite, et tournant avec lui lorsqu'on fait mouvoir la manivelle, sans qu'il soit besoin d'y toucher immédiatement avec la main. Dans cet état, la colonne est très-facile à plaquer.

On l'encolle promptement en la faisant tourner; on applique le placage, on le recouvre d'un papier que l'on double à l'endroit du joint, et l'on commence à enrouler la sangle. Cette opération se fait à deux, l'un tient la sangle tendue et pèse dessus, tandis que celui qui plaque fait tourner la colonne à l'aide de la manivelle. A mesure que les tours se font, on fait suivre un réchaud rempli de charbons allumés placé dessous la colonne, qui entretient la chaleur. Parfois, on se contente d'enflammer quelques pincées de copeaux qu'on pousse à mesure que la sangle avance : par ce moyen, la colle s'entretient fluide et est chassée par la pression des sangles. L'ouvrage avançant, et à chaque tour de la sangle, il faut veiller à ce que la réunion du placage se fasse en ligne directe. Quand l'opération est finie, on mouille et on chauffe encore, après quoi on laisse sécher. Les colonnes, rouleaux et autres parties très-courbes doivent rester plus longtemps en presse que les autres, et l'on aura toujours soin, en mettant la colonne en place, de tourner en arrière, c'est-à-dire du côté du meuble, l'endroit où se trouve la ligne de jonction.

Les coins ronds des meubles qui se terminent vers le haut par de larges gorges sont une des plus grandes difficultés : il y a dans les coins de ces gorges une double courbure qu'il est très-difficile de plaquer. On tourne la difficulté en mettant à l'endroit de ces coins des morceaux massifs que l'on profile sur le restant de la moulure en faisant concorder le veinage autant que possible; mais ce moyen de passer à côté de l'obstacle n'est pas toujours praticable, et il se trouve des cas où il faut l'aborder de front; on doit alors calculer le double déploiement de la gorge et tailler la feuille en conséquence. Assez souvent on se sert d'un carton d'épaisseur avec le placage pour prendre ce double déploiement; cela fait, on met un instant la feuille dans l'eau bouillante pour la rendre le plus flexible qu'il est possible et l'amener, aussi près que le permet la contexture du bois, à la forme voulue; mais, comme il est rare que l'on parvienne à une entière réduction, on coupe le placage avec un canif en faisant une ou deux fentes verticales; on appuie alors dessus, il s'écarte dans les endroits séparés, et l'on ajoute, dans les angles formés par ces coupures, de petits morceaux de la même feuille en suivant le même fil et en raccordant autant que possible le dessin.

On encolle la gorge, on courbe au feu ou avec le fer à rouler, et l'on plaque comme à l'ordinaire en se servant de cordes neuves et fortes qui enveloppent tout le bâtis. A mesure qu'on serre, on mouille et on chauffe, et, lorsque les cordes sont fixées, on augmente encore leur pression en passant dessous des cales, dans les endroits où on peut le faire sans inconvénient.

Il est impossible de prévoir tous les cas, toutes les formes; ce que nous venons de dire suffira pour que l'on puisse trouver des moyens dans toute circonstance : il faut aussi s'attendre aux accidents, quelque soin qu'on ait pris pour les éviter. Il arrive souvent qu'après

avoir rempli toutes les prescriptions, qu'après avoir agi prudemment et avec adresse, l'ouvrage est encore défectueux. Un fer trop chaud passé sur un placage de couleur tendre en altérera la beauté, en fonçant par place cette couleur qui, souvent, est sa plus grande richesse. Il faut donc apprendre l'usage du fer, l'approcher de la joue en le retirant du feu, pour s'habituer à évaluer approximativement son degré de chaleur; le passer très-rapidement dans le premier instant, ralentir le mouvement à mesure qu'il se refroidit. L'usage bien entendu du fer est déjà un grand point.

Quand on s'est décidé à faire un double placage pour renforcer le bâti solide d'un meuble, on fera ce placage en chêne de 2 millimètres environ d'épaisseur et même un peu plus, si l'on prévoit qu'en redressant et en replanissant il faudra enlever beaucoup de bois; ce premier placage posé, on ne doit songer à mettre le second qu'après que la colle du premier est bien sèche. Avant de plaquer, il faudra passer en tous sens le rabot à fer bretté qu'on devra conduire également en travers du fil et suivant ce fil alternativement.

Après que les pièces sont plaquées, si le temps est chaud et sec, on doit coucher par terre les pièces plaquées, ou bien les placer contre des murs dans des endroits frais non exposés à des courants d'air qui feraient sécher trop promptement et pourraient occasionner des levées partielles du placage.

Si des bulles d'air se trouvent enfermées sous le placage, ou bien encore lorsque le placage est soulevé et bombé en certains endroits loin des rives, ces effets fâcheux ont deux causes : ou la colle n'a pas pris partout, ou elle s'est agglomérée en certains points et s'est figée avant que la pression l'ait expulsée. Dans le premier cas, on essaye de la faire prendre en passant le fer chaud sur l'endroit non adhérent et en y posant des cales soumises à l'effort des presses. Si, malgré ce moyen, le collage n'a pas lieu, c'est qu'il n'y avait point de colle à cet endroit. On coupe alors le placage en biais et de manière à former deux biseaux, avec un canif ou tout autre instrument mince et coupant bien vif, et l'on fait passer sous le placage de la colle claire très-chaude; puis, avec le marteau à plaquer, on chasse cette colle dans toutes les directions et l'on ramène l'excédant par la coupure; puis, après avoir veillé à ce que les biseaux de la coupure se replacent bien l'un sur l'autre, on pose sur tout l'endroit une colle très-chaude que l'on comprime avec les presses à main. Si la bombure provenait d'une agglomération de colle, on la liquéfierait avec le fer chaud, et une ou deux piqûres faites sur cette bosse suffiraient, au moyen de la pression, pour livrer passage à la colle, et par suite pour opérer la réduction qui se ferait sous l'effort de la cale chaude pressée par les vis. Quand les trous faits au placage sont trop grands, ce à quoi l'on est parfois obligé, on les bouche, soit avec de la sciure du même bois détrempée dans la colle claire et bien pétrie, soit, mieux encore, avec des chevilles trempées dans la colle bien chaude et pénétrant jusque dans l'épaisseur du bâtis.

Lorsque, par une raison quelconque, il faut enlever une ou plusieurs feuilles de placage, et que ces feuilles sont fixées et sèches, il faut d'abord poser des règles bien droites maintenues par des presses sur l'extrême rive des feuilles qui environnent celle qu'on veut enlever, soit pour en mettre une autre, soit pour la tourner dans un autre sens déterminé par l'ensemble du dessin. Quand cette feuille est ainsi cernée, on passe dessus le fer chaud qui liquéfie la colle et permet d'enlever la feuille que l'on détache avec précaution en la soulevant par une rive avec une lame mince. Il est bien entendu que cet enlèvement devra être fait avant que le placage soit poncé et verni, car une fois dans cet état il est devenu si mince et si cassant qu'il est difficile de l'enlever d'un seul morceau.

PAULIN DESORMEAUX.

PLANIMÈTRE. On a donné le nom de planimètres à d'ingénieux instruments qui servent à mesurer mécaniquement l'aire de figures planes.

C'est en 1827 qu'un ingénieur suisse, M. Oppikofer, inventa le plus connu de ces instruments, le planimètre à cône, qui fut perfectionné dans sa construction et vulgarisé en France par un habile constructeur, M. Ernst. Sur le rapport de Poncelet, qui avait bien su apprécier la portée et la nouveauté de cet appareil, l'Académie des sciences décerna, en 1837, à son construtceur le prix de mécanique.

L'appareil est représenté en élévation figure 1 et en

Fig. 1.

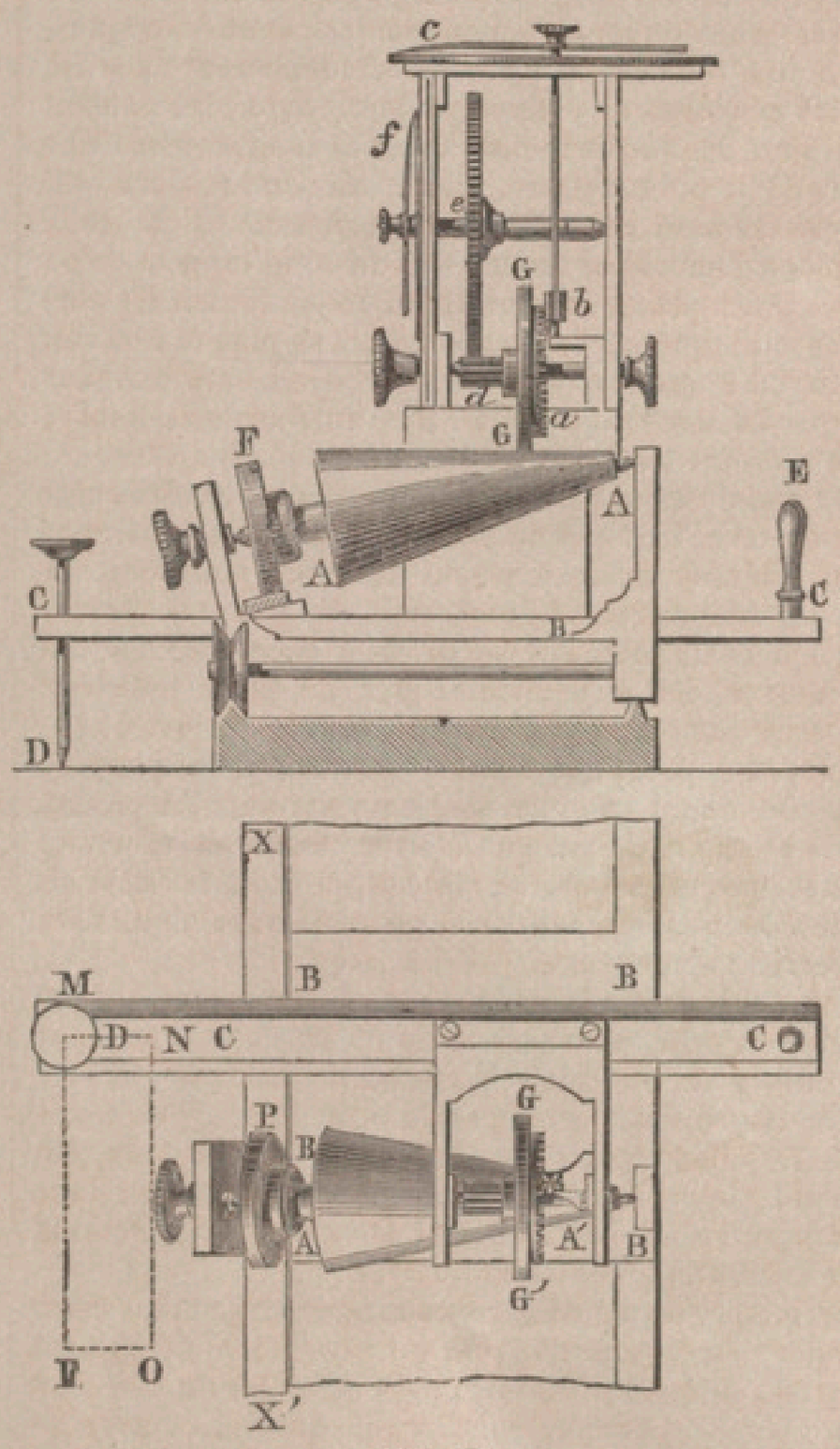


Fig. 2.

plan figure 2. Son organe essentiel est un cône en métal de cloches, dont l'axe est incliné de telle sorte que l'arête supérieure soit horizontale. Cet axe est monté en pointes sur des supports fixés à une platine BB qui peut recevoir un mouvement de translation perpendiculairement à l'arête horizontale du cône; pour cela elle est guidée, du côté gauche, par des galets roulant sur un rail longitudinal, et, du côté droit, par des roulettes sans rebord, roulant sur une bande métallique noyée dans le bois du plateau (de $0^m,60$ de longueur sur $0^m,27$ de largeur environ) qui supporte tout l'appareil. La platine BB porte avec elle une coulisse CC, à laquelle on donne le nom de *directrice* et qui est munie à son extrémité gauche d'une pointe D et à son extrémité droite d'une poignée E. Il résulte d'abord de cette disposition, qu'en faisant mouvoir la platine dans le sens des deux mouvements à angle droit qu'elle peut recevoir, on peut toujours amener la pointe D en un point quelconque du plateau.

L'axe du tronc de cône porte une roulette F, qui re-

pose sur une bande métallique (striée comme le pourtour de la roulette), établie au-dessus de la platine dans toute la longueur de l'appareil. Quand on fait mouvoir la platine dans le sens XX', la roulette F roule sur cette bande métallique, et le tronc de cône prend un mouvement de rotation proportionnel au déplacement de la platine. Sur le tronc de cône, et perpendiculairement à la génératrice horizontale, repose une autre roulette G G dont l'axe est porté par des supports liés à la directrice C C, en sorte que, quand on fait glisser la directrice dans le sens de sa longueur, la roulette G G s'approche ou s'éloigne du sommet du cône. La vitesse à sa circonférence étant la même qu'au point de la surface du cône où a lieu le contact, il en résulte que, lorsque la platine se déplace dans le sens XX', le nombre de tours que fait la roulette G G est proportionnel à la fois au chemin décrit par la platine ou par la pointe D et à la distance de la roulette au sommet du cône; c'est-à-dire, comme nous allons le montrer, au produit de ces deux quantités.

L'appareil est complété par un compteur, établi sur les mêmes supports que l'axe de la roulette. Celui-ci porte une roue engrenant avec un pignon à axe vertical b qui fait marcher une aiguille c sur un cadran horizontal. Le prolongement de ce même axe de la roulette forme en outre un pignon d engrenant avec une roue dentée e qui fait tourner une aiguille f sur un cadran vertical qui donne les mille et les dizaines de mille, le cadran horizontal donnant les unités, dizaines et centaines.

On remarquera que le compteur est mobile autour d'un axe horizontal terminé par deux tourillons fixés dans le montant ; de sorte qu'on peut soulever légèrement le compteur d'une main et l'empêcher de marcher, pendant que l'on pousse le chariot dans un sens ou dans l'autre. On peut aussi, en soulevant légèrement le compteur, faire tourner à la main l'une des deux roues dentées, de manière à amener les aiguilles sur les zéros des cadrans.

Le zéro du cadran horizontal est en avant, sur le rayon dirigé dans le sens de la longueur de l'instrument. Ce cadran est divisé en 50 parties égales, chiffrées de gauche à droite et de droite à gauche, et subdivisées elles-mêmes chacune en 10 parties. Le zéro du cadran vertical est aussi en avant, sur le rayon horizontal. Ce cadran est divisé en 50 parties égales chiffrées aussi dans les deux sens, et partagées chacune en deux. L'aiguille du cadran vertical avançant d'une demi-division lorsque l'aiguille du cadran horizontal fait un tour entier, si l'on considère chacune des 50 parties égales de ce dernier comme représentant des ares, les divisions de l'autre cadran indiqueront des hectares. Plus généralement, si les dernières subdivisions du dernier cadran sont regardées comme valant n unités, chacune des demi-divisions du premier cadran vaudra $500\,n$.

Usage du planimètre pour la mesure des aires planes. Pour montrer comment cet appareil peut servir à mesurer la superficie d'un polygone plan quelconque, considérons d'abord le cas où l'on aurait à évaluer l'aire d'un rectangle ABCD (fig. 3), dont la base $AB = b$ est perpendiculaire au mouvement longitudinal du cône et dont la hauteur $BC = h$ est parallèle à ce même mouvement.

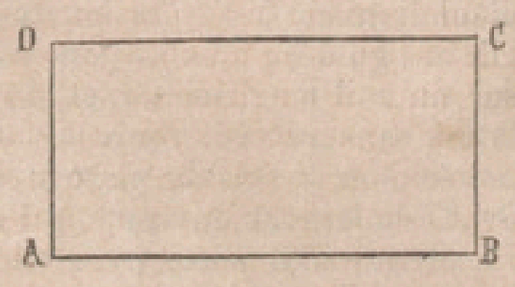


Fig. 3.

On amènera le bord de la règle de corne, placée en avant de la directrice, sur la ligne AB, et la pointe D sur le point B. Puis, après avoir placé les aiguilles du compteur à zéro, on poussera le bouton du mouvement longitudinal de manière à faire suivre à la pointe D le côté BC. Ensuite on fera glisser le bouton du mouvement transversal de droite à gauche jusqu'à ce que la pointe soit en D; et enfin on redescendra avec un mouvement longitudinal contraire au premier, jusqu'à ce que la pointe soit arrivée en A. Je dis que l'indication du compteur sera l'expression de l'aire du rectangle.

En effet, lorsque l'on pousse le bouton du mouvement longitudinal de manière à faire parcourir à la pointe la longueur BC, les aiguilles du compteur tournent évidemment d'une quantité proportionnelle au nombre de tours, ou au rayon R de la section du cône sur laquelle le compteur est placé, nombre qui est en raison de la longueur h du côté BC, de sorte que la première indication de l'aiguille a pour expression

$$K h R$$

K désignant un coefficient constant dépendant de la grandeur des rayons de la roue rayée ρ et de celle de la roulette ρ' $\left(K = \frac{1}{\rho\,\rho'}\right)$. Lorsque l'instrument revient en sens contraire, la pointe H suivant le côté DA, les aiguilles tournent en sens contraire de leur marche primitive d'une quantité représentée par

$$K h r$$

où K et h ont les mêmes valeurs que ci-dessus, et où le rayon de la circonférence sur laquelle pose le compteur est désigné par r. L'indication finale sera donc la différence des deux indications, c'est-à-dire

$$A = K h (R - r).$$

Or, α étant l'angle générateur du cône, B la distance au sommet du point de contact du compteur quand l'index est au point B, B' quand il est au point D, on a $B \sin. \alpha = R$, $B' \sin. \alpha = r$, et l'équation ci-dessus devient : $A = K h \sin. \alpha\,(B - B')$. Or, $B - B'$, ou la distance des points sur lesquels a posé le compteur, n'est autre que la quantité dont la pointe s'est avancée transversalement, autrement dit la base b du rectangle, la relation précédente donne donc :

$$A = K \sin. \alpha\, b\, h.$$

Or, on peut toujours, dans la construction de l'instrument, disposer le compteur, le cylindre d'engrenage à la base du cône et l'angle au sommet, de telle sorte que le coefficient constant $K \sin. \alpha$ ait une valeur déterminée pour une certaine échelle, à laquelle sont rapportées les figures des aires à évaluer. Dans le modèle adopté, on suppose l'échelle de 1/2000 et on a pris $K \sin. \alpha = 1/2$, de sorte que l'indication A du compteur sera précisément en hectares, ares et centiares la moitié de l'aire du rectangle. Cette aire aura donc pour expression 2 A. On verra tout à l'heure pourquoi on a mieux aimé donner au coefficient $K \sin. \alpha$ la valeur 1/2 que la valeur 1.

Avant de passer au cas général, observons que l'on peut commencer par suivre avec la pointe le côté AD au lieu du côté BC; l'indication du planimètre exprimera toujours l'aire du rectangle : seulement, elle sera marquée sur les cadrans du compteur en sens contraires, selon que l'on suit les directions BCDA ou ADCB. On voit encore que l'on peut commencer indifféremment par l'un des quatre sommets A, B, C, D, pourvu que les chemins suivis par la pointe soient dirigés en sens contraires sur les côtés AD, BC. L'aire du rectangle sera toujours marquée par les aiguilles du compteur, d'un côté ou de l'autre des zéros des limbes des cadrans.

Considérons maintenant l'aire comprise au-dessous de la droite MT (fig. 4), entre un contour polygonal quelconque ABCDEFG, et deux ordonnées AM, GT, perpendiculaires à MT, et parallèles au mouvement longitudinal du cône. Si par chacun des sommets du polygone on mène une parallèle à la base MT, comprise

entre les deux ordonnées voisines ou entre leurs prolongements, on aura d'abord un premier contour polygonal rectangulaire MA'BB'CC'DD'EE'FF'GT déterminé par

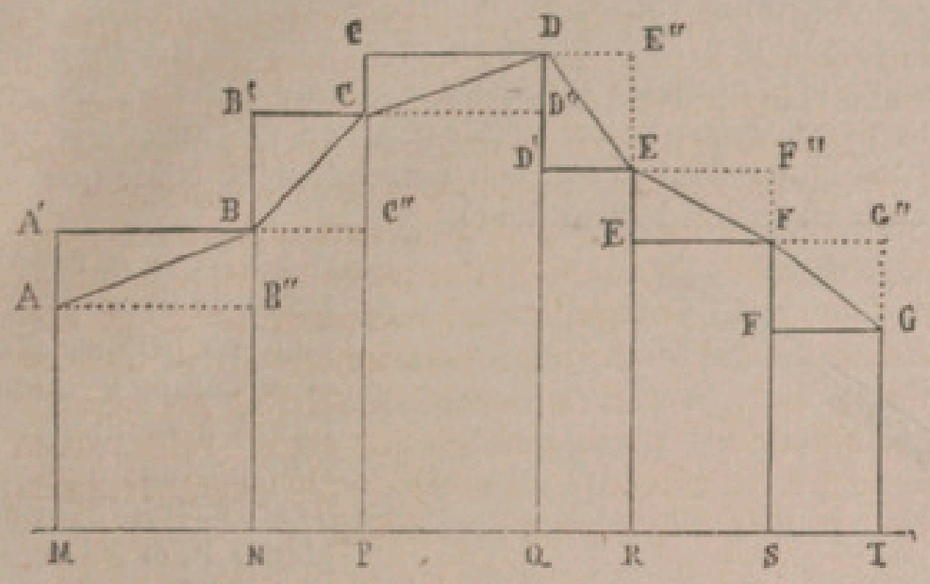


Fig. 4.

les portions de ces parallèles comprises entre chaque sommet et l'ordonnée la plus voisine à gauche ; puis ensuite un autre contour MAB"BC"CD"DE"EF"FG"T déterminé par les portions des mêmes parallèles comprises entre chaque sommet et l'ordonnée la plus voisine à droite. Or, il est évident que l'aire limitée par le premier contour polygonal surpasse l'aire du polygone MABCDEFGT, des triangles AA'B, BB'C, CC'D, et qu'elle est surpassée par cette dernière d'une surface égale à la somme des triangles DD'E, EE'F, FF'G. Tout au contraire, l'aire que comprend le second contour polygonal est surpassée par l'aire cherchée, d'une quantité égale à la somme des triangles AB"D, BC"C, CD"D respectivement égaux aux triangles AA'B, BB'C, CC'D; et elle la surpasse de la somme des triangles DE"E, EF'G, FG'G respectivement égaux aux triangles DD'E, EE'F, FF'G. En un mot, tout triangle rectangle *excédant* par rapport à l'aire cherchée dans le premier polygone est remplacé par un triangle *déficient* égal dans le second, et réciproquement. La somme des superficies des deux polygones rectangulaires est donc le double de l'aire cherchée, et la détermination de celle-ci se réduit à la mesure des deux polygones rectangulaires.

Mais rien n'est plus facile que cette mesure, au moyen du planimètre, pour le polygone MA'BB'CC'DD'EE'FF'GT. Par exemple, après avoir placé la directrice sur MT et la pointe sur M, les aiguilles étant amenées sur zéro, on poussera le compteur en avant jusqu'à ce que la directrice rencontre le sommet B, sur lequel on amènera la pointe : on ira de nouveau en avant jusqu'à ce que la directrice rencontre le sommet C, et ainsi de suite; de sorte que le chemin parcouru par la pointe sera le contour polygonal dont il s'agit de déterminer la surface, et qui est marqué par un trait fort sur la figure. L'indication du compteur sera absolument la même si l'on avait pris successivement les superficies des rectangles MA'BN, NB'CP, PC'DQ... et ainsi de suite...; car en opérant cette décomposition en rectangles, on descendrait et on remonterait successivement le long des lignes BN, CP, D'Q, E'R, F'S, et ces deux mouvements contraires et égaux ne pourraient en rien changer l'indication dernière du compteur, laquelle est la moitié de l'aire limitée par le contour polygonal.

Cette première portion de la surface cherchée étant obtenue, on ramène les aiguilles du compteur à zéro, et en commençant par le point T, on parcourt le contour polygonal TG"FF"EE"DD"CC"BB"AM; la nouvelle indication du compteur est la seconde portion de la surface cherchée, et la somme de ces deux indications est l'aire du polygone MABCDEFGT. On voit maintenant pourquoi les cadrans du compteur sont gradués de manière à ne marquer que la moitié des surfaces mesurées ; c'est afin de réduire à une simple addition de

deux nombres la mesure de l'aire d'un polygone, sans que l'on soit obligé de prendre la moitié de la somme obtenue.

On remarquera que les décompositions de figures que nous avons opérées pour l'intelligence du procédé sont complétement inutiles pour la pratique de ce procédé, et que le planimètre donne l'aire du polygone MABCDEFGT sans exiger la moindre construction géométrique.

On démontre avec une extrême facilité que ce procédé est général et s'applique à un polygone quelconque. Remarquons enfin qu'il peut résulter de la position de la figure à mesurer, que l'aire de celle-ci soit donnée par la différence des nombres indiqués, au lieu de l'être par leurs sommes; ce qu'indique alors le changement de sens des mouvements des aiguilles.

Il est évident qu'il faut que les échelles du planimètre et des plans dont on mesure la surface se correspondent. On prend habituellement celle de 1/2000 adoptée par le cadastre. Si le plan était à une autre échelle, il faudrait faire supporter aux résultats obtenus une correction facile à calculer.

Nous terminerons cet article en indiquant la disposition qu'a adoptée M. Morin, pour relever au moyen du planimètre l'aire très-allongée qui mesure le travail mécanique dans certaines expériences dynanométriques (voyez DYNANOMÈTRES).

Pour obtenir l'aire des courbes au moyen du planimètre, en opérant comme nous l'avons expliqué pour les polygones, par des mouvements rectangulaires, il faut décomposer la courbe en petits contours polygonaux sur lesquels on agira comme nous l'avons expliqué. La mesure sera d'autant moins inexacte qu'on aura agi sur de plus petits côtés, mais elle le sera évidemment toujours trop, quand on aura besoin d'une grande précision.

Voici comment opère M. Morin :

Il remarque que, si l'on suppose la roulette placée sur le sommet du cône, l'index décrivant une ligne droite, le compteur restera à zéro, si on la place ensuite en un point quelconque, et qu'on fasse décrire à l'index une ligne parallèle à la première, le compteur marquera la surface du rectangle compris entre ces deux lignes droites.

Si l'on place un rectangle quelconque de manière qu'un côté soit parallèle à cette première ligne, et qu'on en suive les contours, il est évident que les deux indications du compteur (de l'allée sur un côté, et du retour sur le côté parallèle) qui auront lieu en sens contraire, ou la différence qu'indiquera le compteur sera la différence des deux rectangles formés par la base correspondant au sommet imaginaire et chacun des côtés parallèles du rectangle à mesurer, c'est-à-dire donnera précisément l'aire à mesurer.

Si une courbe est comprise tout entière du côté d'une ligne droite, on aura de même l'aire comprise entre la courbe et la ligne droite, placée parallèlement à la ligne telle que la roulette ne varie pas dans le sens de l'axe du cône quand l'index la parcourt. Cela fait, on place les aiguilles du compteur à zéro, on suit la ligne base rectiligne *ab* avec l'index, puis on revient en suivant le contour *bc* de la courbe jusqu'au point *a*. Le compteur indiquera l'aire cherchée qui peut être considérée comme composée d'une infinité de petits rectangles auxquels s'appliquerait le raisonnement fait précédemment.

S'il s'agissait d'évaluer une courbe fermée, il suffirait de la traverser par une ligne droite, et d'opérer successivement sur chaque partie comme nous venons de le dire, en opérant de manière à ce que les résultats s'ajoutent, la somme sera l'aire cherchée.

Une observation importante à faire, et à laquelle la pratique a conduit M. Morin, c'est que le mouvement oblique de l'index devenait une cause d'erreurs qui

n'existent pas quand il n'est soumis qu'à des mouvements rectangulaires pour lesquels l'instrument est réellement disposé, et il arrive alors que dans de petits intervalles la roulette glisse sans rouler; la résistance du glissement étant très-faible (le cône est en métal poli) et la résistance au roulement étant augmentée par les engrenages du compteur. Pour obvier à cet inconvénient, M. Morin a employé un cône en bois à surface non polie, qui lui a donné de bons résultats.

PLANIMÈTRE.

d'une petite figure. Un plus grand angle au sommet du cône augmenterait trop le poids de l'instrument ainsi que sa hauteur.

C'est de la Suisse que vient aussi l'instrument dont nous allons parler, fondé en réalité sur le même principe, le planimètre d'Amsler, qui date de 1854, instrument vraiment remarquable par son élégance, ses petites dimensions et son bon marché (il ne coûte que 50 ou 80 fr. selon la grandeur).

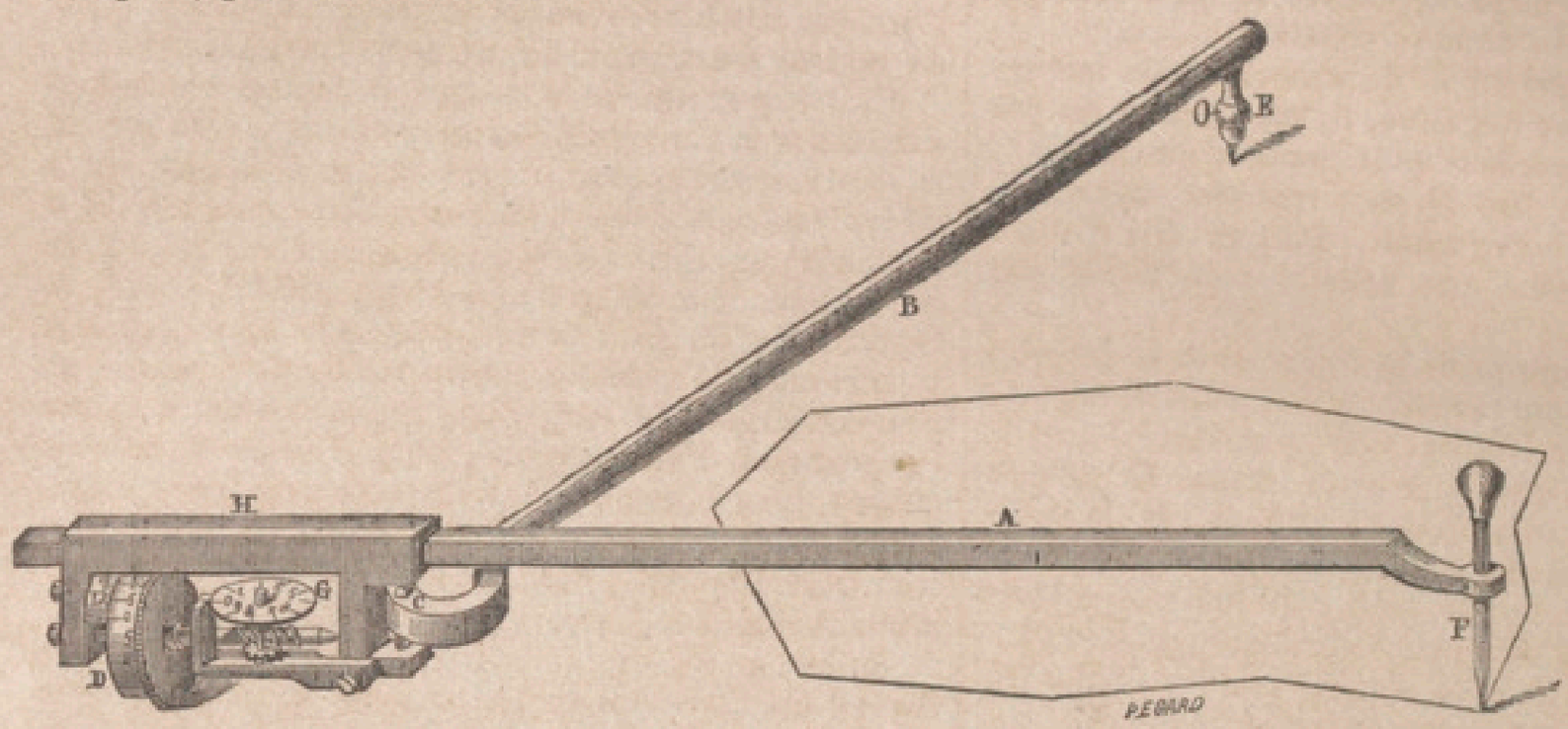


Fig. 5.

La fig. 5 le représente de demi-grandeur en perspective. Il se compose d'une tige A à section carrée, portant à l'une de ses extrémités une pointe F, et à l'autre une coulisse H qui glisse sur elle à frottement doux. Cette coulisse porte l'axe d'une roulette D dont le rebord repose sur le papier et qui est divisée sur son contour; un vernier L fixe sert à apprécier les fractions de division de la roulette. L'axe de celle-ci porte une vis sans fin, au moyen de laquelle un petit pignon K tourne d'une dent à chaque tour que fait la roulette D; l'axe vertical de ce petit pignon porte une roue G divisée en dix parties égales. Sur le devant de la pièce H vient s'articuler, à pointes, une tige B terminée en E par un piquoir qui peut s'implanter dans le papier.

Pour se servir de l'instrument, on fait glisser la coulisse sur la tige A jusqu'à ce que la longueur CF soit en rapport avec l'échelle du dessin que l'on veut évaluer. Pour faciliter cette opération, on a marqué sur la tige A des traits qui doivent arriver à la partie antérieure de la coulisse pour telle ou telle échelle déterminée.

L'instrument étant réglé, on fixe la pointe E en dedans ou en dehors de la figure dont on veut faire la quadrature, on fait tourner la roue D de manière à ramener le zero sur sa graduation en coïncidence avec le zéro du vernier L, et le zéro de la roue G en face d'un repère fixe. On marque exactement le point de départ du traçoir F, et l'on parcourt avec ce traçoir le contour de la figure de gauche à droite (comme les aiguilles d'une montre), jusqu'à ce que l'on revienne exactement au point de départ. On lit alors sur la roue G le nombre de divisions parcourues, qui indique les centaines du résultat, et sur la roue D les dizaines et les unités; les dixièmes d'unité peuvent s'apprécier au moyen du vernier.

Cette lecture donne immédiatement la surface cherchée lorsque la pointe E a été fixée en dehors de la surface à calculer. Si, au contraire, la pointe E a été fixée à l'intérieur de cette surface, il faut ajouter à l'indication de l'instrument un nombre constant qui est gravé sur la tige A, à côté du trait qui affleure l'extrémité de la coulisse.

Supposons, pour éclaircir les explications qui précèdent, que l'on ait fait arriver à l'extrémité de la coulisse le trait marqué 100 millimètres carrés; chaque division de la roulette D indiquera une surface parcourue de 100 millimètres carrés. Si, après avoir parcouru le contour de la figure, la roue G indique 3, et la poulie D 47,8, la surface sera de 347,8 unités,

soit $100 \times 347{,}8 = 34780$ millimètres carrés,

la ponte E étant fixée en dehors de la figure. Si la pointe a été fixée dans l'intérieur, il faudra ajouter

Planimètre Gonella. L'angle α du cône pouvant être quelconque, le principe de l'appareil est encore vrai pour $\sin. \alpha = 1$, ou pour un disque circulaire que l'on peut considérer comme un cas particulier du cône. C'est sous cette forme qu'un Italien, M. Gonella, paraît avoir le premier inventé le planimètre et établi dès 1825 la propriété de ce genre d'appareils, d'effectuer des quadratures, de fournir la valeur de l'intégrale de $y\,dx$ entre des limites données.

Le planimètre mis par M. Gonella à l'Exposition de 1851 se composait d'un disque circulaire horizontal possédant un double mouvement de translation et de rotation, et d'un petite roulette verticale reposant sur le disque et susceptible de tourner seulement autour d'un axe horizontal auquel est liée l'aiguille, qui indique sur un cadran gradué la surface de la figure dont on a suivi le périmètre avec un style attaché à la règle qui fait tourner le disque.

Planimètre Vittly. Un constructeur suisse, M. Vittly, a combiné un planimètre à disque circulaire, analogue au précédent, d'une construction simple et bien entendue. Tandis qu'on suit le périmètre d'une figure avec le style, le chariot se déplace, le disque circulaire se déplace aussi, tourne et fait tourner la roulette. Par dessous le disque se trouve un petit cylindre qui lui sert d'axe et autour duquel s'enroule un fil de laiton toujours bien tendu. L'axe de la roulette fait tourner un petit pignon, et l'aiguille du cadran divisé en 100 parties, sur lequel on lit l'aire de la figure plane dont on a suivi le contour.

Planimètre polaire d'Amsler. Le prix élevé du planimètre d'Oppikofer, sa grandeur et son poids, en limitent beaucoup l'usage dans la pratique; mais son défaut capital réside dans la faible ouverture de l'angle au sommet du cône, d'où résulte l'impossibilité de calculer exactement les petites surfaces. En effet, si un petit rectangle à calculer doit être transformé en un autre dont la base fixe est représentée par le nombre constant 1000, il en résulte que la hauteur du rectangle transformé étant alors presque imperceptible, dans de petites figures où l'on aurait dû trouver + 1, l'instrument donne quelquefois — 3, parce que le jeu ou l'ébat des pièces de l'instrument dépasse la faible quantité qui, multipliée par 1000, sert à exprimer la surface

à la lecture 347,8 le nombre 1912,6, qui se trouve gravé en face du trait 100 millimètres carrés, en sorte que la surface sera 2260,4 unités,

soit $100 \times 2260,4 = 226040$ millimètres carrés.

Il faut prendre garde que lorsque le point E est placé dans l'intérieur de la figure, l'indication de l'instrument peut être négative, en sorte qu'il faudrait alors la retrancher du nombre constant.

Pour éviter l'inconvénient de s'assurer si la lecture doit être positive ou négative, il vaut mieux ne pas partir de zéro, et procéder de la manière suivante :

Le compteur est disposé pour marquer une quantité assez notable à l'origine, dont on fait d'abord la lecture. Supposons que celle-ci soit 235,4 par exemple.

On parcourt le contour de la figure avec le traçoir, et quand on est revenu exactement au point de départ, on fait une seconde lecture. Soit, par exemple, pour celle-ci 475,2. On ajoute à cette lecture le nombre constant 1912,6, ce qui donne 2883,4, et l'on retranche de cette somme la première lecture 235,4, ce qui donne 2153,0 unités, soit 215300 millimètres carrés. L'indication de l'instrument équivaut à une indication négative quand la seconde lecture donne un nombre inférieur à celui que donne la première.

Théorie du planimètre d'Amsler. — Nous allons voir maintenant, en formulant la théorie de l'instrument, due à M. Cuenoud, professeur à Lausanne (Suisse), à donner la raison du mode d'opérer qui vient d'être indiqué. Cherchons d'abord à bien définir les principes sur lesquels repose l'instrument.

Tandis que dans le planimètre d'Oppikofer on suppose que les figures dont on cherche l'aire sont décomposées fictivement en rectangles, qu'on suppose prolongés jusqu'à une limite d'action de l'instrument répondant au sommet du cône, qui se transformaient ensuite en secteurs sous le cône, on doit, dans le planimètre d'Amsler, considérer la figure à mesurer comme décomposée en une infinité de secteurs dont les arcs coïncideraient avec le périmètre de la figure à calculer, et dont les centres se confondraient avec le pivot, limite de l'action de l'instrument. Or, il est bien évident que si une roulette tournant autour d'un axe, qui serait le rayon d'un cercle, suivait le contour de l'arc d'un secteur circulaire, sa rotation serait égale à ce contour, et, par suite, proportionnelle à la surface du secteur, elle pourrait par suite servir à la mesurer.

Tel est le principe du planimètre polaire, mais la nécessité de pouvoir suivre les contours de secteurs de rayons différents et diverses autres conditions de la pratique forcent à ne pas laisser la roulette sur le rayon, à la placer sur la barre portant le traçoir, qui est articulée avec ce rayon.

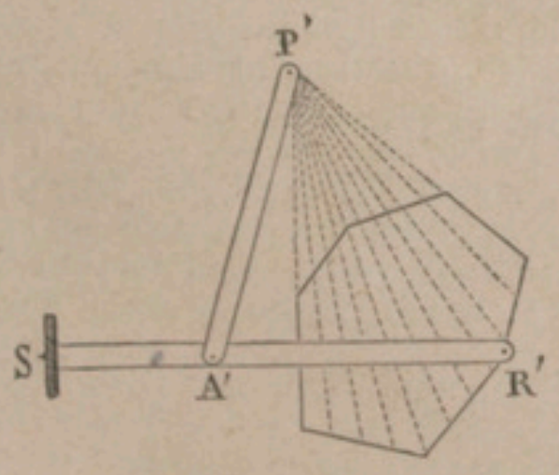


Fig. 6.

On est arrivé ainsi à la disposition représentée plus haut, et les secteurs se présentent alors à l'instrument comme le représente la figure 6, le pôle étant extérieur au polygone à mesurer. On comprend bien que l'index, en parcourant les arcs des grands secteurs, fait cheminer la roue dans un certain sens, et qu'en revenant en sens contraire les indications sont de signe contraire, que si les premières mesurent la surface des grands secteurs, les autres mesurent la surface des petits, et que le résultat marqué par l'instrument sera la mesure cherchée. On voit bien ainsi que si le pivot est situé à l'intérieur du polygone, il n'y a pas de surface d'emprunt, de petits secteurs auxiliaires.

Mais le principe de la mesure du secteur par la mesure des arcs parcourus par une roulette placée sur un rayon tournant autour du centre et se déplaçant sur la circonférence s'applique-t-il aux dispositions qu'il a fallu adopter, c'est-à-dire au placement sur le côté de la roulette montée sur une barre articulée avec le rayon pour éloigner la roulette de la figure, où elle empêcherait de voir le chemin qu'elle doit suivre, ne pourrait glisser le long d'une règle servant à suivre les contours d'un polygone, etc. Il reste à prouver qu'on a bien la mesure des surfaces avec cette disposition, en suivant les côtés d'un polygone, quelle que soit leur direction ; c'est ce que nous ferons en établissant d'abord quelques propositions.

On sait que si un cercle roule, sans glisser, sur une droite qui lui est tangente, un point quelconque de la circonférence parcourt, dans ce mouvement, un chemin égal à celui que décrit le centre.

Par suite, quand l'axe d'une roulette pouvant tourner en s'appuyant sur un plan parallèle à cet axe, se transporte parallèlement à lui-même, un point de la circonférence de la roulette parcourt un arc égal au chemin parcouru par l'axe.

Si l'axe se meut dans le sens de sa longueur, la roulette glisse sans tourner.

Enfin si le point de contact de la roulette et du plan parcourt sur celui-ci une droite quelconque CC' (*fig.* 7), la roulette glisse et tourne tout à la fois, et

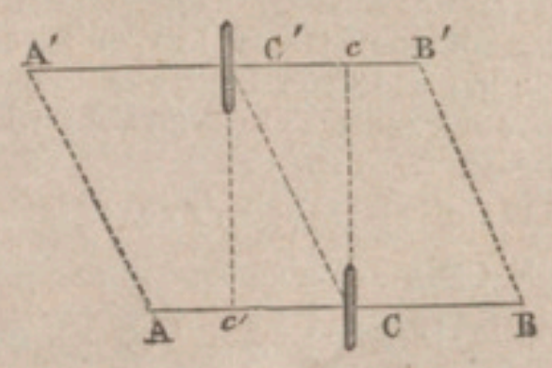


Fig. 7.

l'arc parcouru par un point quelconque de sa circonférence dépend de l'angle que fait la direction CC' avec l'axe de la roulette.

En désignant par α l'angle C'Cc, on peut décomposer le mouvement de la roulette suivant CC' en un mouvement de glissement suivant C'c et un mouvement de roulement suivant Cc ; la roulette ne tournera qu'en vertu de ce second mouvement, en sorte que le chemin Cc parcouru par un point de la circonférence est donné par l'équation :

$$Cc = CC' \cos \alpha,$$

α étant l'angle de la direction CC' avec le plan de la roulette.

Nous pouvons passer maintenant à la démonstration principale.

En réduisant à des lignes les tiges qui composent le planimètre d'Amsler, on peut le considérer comme formé de deux tiges de longueurs invariables, AC et BD, articulées en A. Le point C est fixe, l'extrémité B suit le contour de la figure à mesurer et l'extrémité

D porte une roulette dont le plan est perpendiculaire à BD (*fig.* 8).

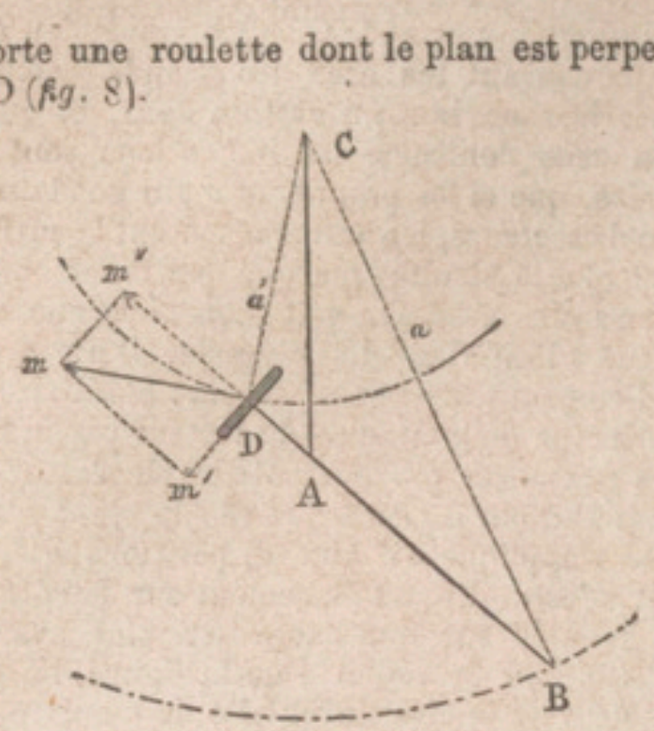


Fig. 8.

Supposons d'abord que le point B décrive un cercle de rayon a et dont le centre soit en C. Il est évident que par suite de l'invariabilité du triangle ABC, l'instrument conserve une figure constante, en sorte que le point de contact D de la roulette et du plan décrit un cercle concentrique au premier, et dont je désigne le rayon par a'.

En décomposant, comme ci-dessus, le mouvement de la roulette suivant les directions Dm' et Dm'', on aura, en désignant par e le chemin parcouru par le point D sur le cercle CD, par e' l'arc parcouru à la circonférence de la roulette, et par α l'angle mDm' :

$$e' = e \cos \alpha \qquad (1).$$

Pour déterminer l'angle α en fonction du rayon a du cercle qui parcourt le point B on remarque que le triangle CDA donne :

$$\overline{CA}^2 = \overline{CD}^2 + \overline{DA}^2 - \overline{CD}^2 \times \overline{DA} \cos CDA,$$

ou, en observant que $CDA = 180° - \alpha$, car $CDm'' = mDm'$, les lignes des deux angles étant perpendiculaires les unes aux autres, et posant $CA = R$, $DA = r$, il vient :

$$R^2 = a'^2 + r^2 + 2a'r \cos \alpha \qquad (2).$$

Le triangle CDB donne également :

$$\overline{CB}^2 = \overline{CD}^2 + \overline{DB}^2 - 2\ \overline{CD} \times \overline{BD} \cos CDA$$

et en posant $AB = l$:

$$a^2 = a'^2 + (r + l)^2 + 2a'(r + l) \cos \alpha \qquad (3).$$

Retranchant (2) de (3), on a :

$$a^2 - R^2 = 2rl + l^2 + 2a'l \cos$$

d'où

$$a' \cos \alpha = \frac{a^2 - (R^2 + l^2 + 2rl)}{2l} \qquad (4).$$

Quand le point B décrit un arc de cercle dont la longueur est E, le rayon fictif CB parcourt un secteur dont la surface est :

$$\frac{1}{2} E \times CB, \text{ ou } \frac{1}{2} E a.$$

Dans le même temps, le point D décrit un arc semblable e, puisque la figure est invariable, lié à E par la proportion

$$\frac{e}{E} = \frac{a'}{a} \text{ d'où } e = \frac{Ea'}{a},$$

et la roulette développe un chemin e' égal à $e \cos \alpha$ soit :

$$\frac{E a' \cos \alpha}{a}.$$

En remplaçant, dans cette expression, $\alpha' \cos a$ par sa valeur (4), on trouve :

$$e' = \frac{E}{a} \cdot \frac{a^2 - (R^2 + l^2 + 2rl)}{2l} =$$

$$\frac{Ea}{2l} - \frac{E}{2al} (R^2 + l^2 + 2rl),$$

d'où

$$e'l = \frac{Ea}{2} - \frac{E}{2a} (R^2 + l^2 + 2rl) =$$

$$\text{surf. secteur} - \frac{E}{2a} (R^2 + l^2 + 2rl).$$

Le rapport $\frac{E}{a}$ de l'arc E à son rayon a est égal à la longeur ω d'un arc semblable à E pris dans un cercle de rayon 1 ; on a donc :

$$\text{surf. secteur} = e'l + \frac{1}{2} \omega (R^2 + l^2 + 2rl) =$$

$$e'l + \frac{1}{2} \omega H \qquad (5)$$

en appelant H la quantité $R^2 + l^2 + 2rl$, qui est constante, dans laquelle ne figurent que des quantités invariables pour un même état de l'instrument.

Supposons maintenant que le pôle de l'instrument étant en C, on fasse parcourir au traçoir B les arcs FG, IK, LM de plusieurs secteurs ayant pour centre C (*fig.* 9), et que l'on ramène ensuite ce traçoir en un point M' situé sur le rayon extrême, à une distance CM' = CF.

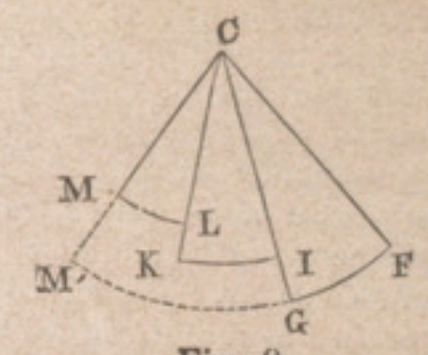


Fig. 9.

L'arc total parcouru par la roulette dans ce mouvement se compose évidemment de trois parties :

1° L'arc parcouru pendant le trajet du traçoir B sur les arcs FG, IK, LM.

2° L'arc parcouru pendant le trajet du traçoir sur les rayons GI, KL.

3° L'arc parcouru pendant le trajet du traçoir sur le rayon MM'.

Il est évident que l'arc parcouru pendant ce dernier trajet est égal et de sens contraire à celui mentionné à 2°, la roulette fait le même chemin dans deux sens différents, lorsque le traçoir se meut suivant le rayon fictif CB (*fig.* 8), en montant ou en descendant d'une même quantité, en tournant autour du point A, en produisant les mêmes figures.

En définitive, l'instrument n'indique que l'arc parcouru pendant que le traçoir suivait les arcs FG, KI, LM. Si l'on désigne par ω_1, ω_2, ω_3, les arcs de rayon = 1, et semblables à FG, IK, LM, par e'_1, e'_2, e'_3, les arcs correspondants parcourus par la roulette, par ω la somme $\omega_1 + \omega_2 + \omega_3$, et par e' la somme e'_1, e'_2, e'_3, on aura :

$$\text{Surf. CFG} = e'_1 l + \frac{1}{2} \omega_1 H$$

$$\text{Surf. CIK} = e'_2 l + \frac{1}{2} \omega_2 H$$

$$\text{Surf. CLM} = e'_3 l + \frac{1}{2} \omega_3 H$$

$$\text{Surf. totale} = e' l + \frac{1}{2} \omega H \qquad (6)$$

Si la somme des angles des secteurs valait 4 angles droits, l'ensemble des secteurs formerait un contour complet, une surface continue dans l'intérieur de laquelle se trouverait le point C. On aurait, dans ce cas, $\omega = 2\pi$, d'où

$$\text{Superficie totale} = e' l + \pi(R^2 + l^2 + 2rl).$$

Supposons ensuite que l'on veuille évaluer la somme des surfaces de plusieurs trapèzes circulaires FGG'F', IKK'I', etc., dont les côtés iraient aboutir en C (*fig.* 10)

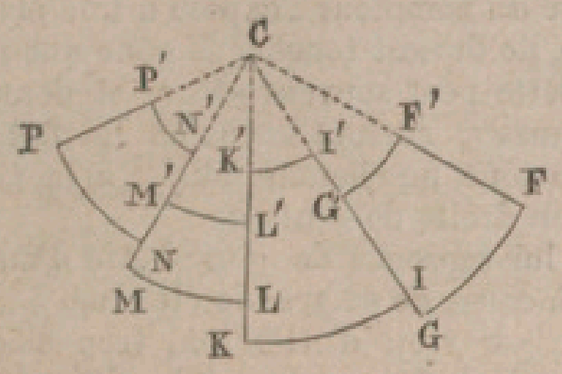


Fig. 10.

on aura à évaluer, comme précédemment, la surface CFGIK...P, puis la surface CF'G'T'K'...P', et à retrancher celle-ci de la première. Pour cela on fera partir le traçoir B du point F, et on lui fera suivre le contour FGIKL...PP'N'M'...G'F'F, en ayant soin de le ramener exactement au point de départ.

Cela fait, on aura $\omega = 0$, puisque la somme des angles parcourus par le rayon CB dans un sens est égal à celle des angles parcourus en sens contraire, en sorte que la formule (6) donne pour ce cas :

$$\text{Surf. totale} = e' l.$$

Cas général. — Nous pouvons maintenant déduire, de ce qui précède, le moyen d'évaluer une surface plane terminée par un contour quelconque. En effet, si le pôle de l'instrument est placé hors de la figure à évaluer, en P' (*fig.* 6), on pourra considérer cette figure comme la somme d'un nombre infini de trapèzes circulaires élémentaires ayant pour sommet commun le point P', et dont le contour extérieur analogue à celui FGIK... de la figure précédente, se confond avec chaque côté du polygone successivement (comme dans le triangle de Galilée une droite ligne portant le sommet des rectangles élémentaires, limite le triangle dont l'air représente le produit cherché), en sorte qu'en désignant par e' l'arc développé par la roulette, on aura, comme ci-dessus :

$$\text{Surface} = e' l.$$

Si, au contraire, le pôle C de l'instrument est placé à l'intérieur de la figure dont on veut connaître la surface, on pourra toujours considérer la figure polygonale fermée comme la somme d'un nombre infini de secteurs circulaires, ayant pour sommet le point C et pour somme angulaire 4 droits, en sorte que l'on aura comme précédemment :

$$\text{Surface} = e' l + \pi(R^2 + l^2 + 2rl).$$

Le nombre $\pi(R^2 + l^2 + 2rl)$ est constant pour chaque état du planimètre ; c'est le nombre que l'on voit gravé à côté du trait que l'on fait affleurer au bord de la coulisse. Quant au produit $e' l$, il peut être lu immédiatement sur la roulette si l'on a soin de graver à côté de chaque trait de division de celle-ci, le produit précédent au lieu de la simple valeur de e'.

Au reste, on peut calculer le rayon de la roulette de façon qu'un tour corresponde à une surface déterminée. Par exemple, si on prend pour unité de surface le centimètre carré, et si un tour de la roulette doit correspondre à une surface d'un décimètre carré, on

devra avoir, en désignant par x le rayon de la roulette :

$$100 = 2\pi x l, \text{ d'où } x = \frac{100}{2\pi l}.$$

Dans la plupart des planimètres construits par M. Amsler, le rayon x de la roulette est de 1 centimètre. La longueur l du bras qui fait faire un tour de la roulette pour une surface de 1 décimètre carré est dans ce cas :

$$l = \frac{100}{2\pi} = 159^{\text{mm}},1.$$

Le calcul du nombre constant s'effectue facilement si l'on connaît les dimensions de l'instrument. Ainsi pour celui dont il vient d'être parlé, pour $l = 15{,}91$ centimètres, si l'on prend $R = 15{,}8$ centimètres et $r = 3{,}33$ centimètres, on aura :

$$\pi(R^2 + l^2 + 2rl) = 1912{,}6.$$

Nous arrêtons ici l'extrait de l'intéressant mémoire de MM. Piccard et Cuenoud. Nous ne donnerons parmi diverses vérifications de la formule fondamentale qu'ils rapportent que la suivante qui fait bien comprendre la signification du nombre constant qui doit être ajouté dans le cas d'une rotation complète autour d'un pôle.

Lorsque la direction de la roulette passe par le pôle C, le plan de cette roulette est dirigé normalement au chemin parcouru par le point de contact D, en sorte que la roulette ne tourne pas. L'indication de l'instrument est donc nulle, et si l'on fait parcourir au point B une circonférence complète autour du pôle C, la surface de ce cercle doit être égale au nombre constant.

Or, on peut s'assurer qu'il en est réellement ainsi, puisque le triangle CDB (*fig.* 8) devient rectangle dans ce cas, ce qui donne :

$$\overline{CB}^2 = a'^2 + (DA + \overline{AB})^2 = \overline{CA}^2 + \overline{AB}^2 + 2\,DA \times AB,$$

car

$$a'^2 = \overline{CA}^2 - \overline{DA}^2, \text{ ou } \overline{CB}^2 = (R^2 + l^2 + 2rl),$$

et $\pi\,\overline{CB}^2$ ou surface du cercle décrit

$$= \pi(R^2 + l^2 + 2rl).$$

La théorie de l'élégant petit instrument sur lequel nous avons cru devoir attirer l'attention de nos lecteurs se trouve bien élucidée, ce nous semble, par les déductions qui précèdent, et qui, bien que fondées sur des théories élémentaires, n'en sont pas pour cela moins satisfaisantes. Il ne peut sans doute être affranchi de l'inconvénient du glissement inhérent à tous les instruments à roulettes, mais en répétant deux ou trois fois l'opération si rapide de la mesure d'une surface, en changeant la position du pôle pour faire agir la roulette dans des conditions différentes, on doit obtenir des vérifications pouvant donner confiance dans les résultats obtenus.

Nous avons dit ailleurs comment en fournissant, théoriquement, des intégrales des ordres les plus élevés, le planimètre à roulettes a pu servir de point de départ aux considérations théoriques si intéressantes de M. Stamm, sur les machines à équations (voyez *Complément*, CALCULER) ; plus récemment, le planimètre d'Amsler a conduit M. Deprez à construire un appareil servant à effectuer les intégrations les plus simples, se rapportant à des corps d'une section déterminée, pour obtenir les centres de gravité et les moments d'inertie, qu'il appelle intégromètre. On en trouvera la description dans les *Annales des ponts et chaussées*.

PLANIMÈTRE BEUVIÈRE. Nous terminerons par la description d'un planimètre moins intéressant que les

précédents comme construction mécanique, mais qui donne des résultats avantageux dans la pratique.

La détermination de l'aire des surfaces étant une des opérations les plus usuelles de la géodésie, il serait naturel de penser que depuis longtemps la géodésie est en possession de procédés et d'instruments propres à abréger et à rendre précise l'exécution de cette opération.

Ce n'est pourtant que depuis le commencement du siècle, que la division et la transmission de la propriété ayant pris un essor prodigieux, et la répartition équitable de l'impôt ayant exigé la détermination de la valeur productive et de l'étendue des terres, le cadastre fut décrété et vint ajouter aux besoins courants des autres services publics et privés l'obligation de calculer, annuellement, les contenances de 5 à 6 millions de parcelles, et rendit, par suite, nécessaire le choix d'une méthode exacte et en même temps expéditive pour la détermination des surfaces.

A l'ouverture des opérations du cadastre, la méthode de la division de la figure à calculer en triangles (méthode que la géométrie élémentaire enseigne) fut généralement adoptée, parce qu'elle était le plus généralement connue ; mais bientôt les longueurs qu'elle entraîne et le peu d'exactitude de ses résultats dans la pratique firent désirer et rechercher d'autres méthodes. Nous ne pouvons indiquer ici, même sommairement, toutes celles qui ont été essayées ou simplement proposées : la liste en serait trop longue ; nous dirons seulement que celles qui ont pu atteindre à un certain succès d'application se rattachent aux trois types suivants :

1° Division de la figure proposée en figures plus simples, plus faciles à calculer, et même en figures d'une contenance connue et dont il suffisait de compter le nombre et de sommer les contenances partielles;

2° Transformation de cette figure en un seul triangle, et en général en une seule figure équivalente;

3° Enfin, méthode mixte ou division de la figure proposée en figures relativement plus simples et transformation de celles-ci en figures équivalentes, d'une quadrature plus facile et plus commode.

C'est dans ces trois directions que tous les essais furent tentés, et bientôt les procédés simples, qui n'exigeaient que l'emploi de la règle, du compas et de l'échelle, eurent reçu de grandes améliorations; mais bientôt aussi on reconnut que ces améliorations étaient fort limitées dans la voie que l'on suivait, et on resta convaincu que le seul moyen d'obtenir une solution complète était de la demander à la mécanique, dont les résultats sont seuls susceptibles d'une perfection rigoureuse et toujours comparable.

Plusieurs instruments furent donc successivement proposés et employés pour le calcul de la surface des plans; mais avant le planimètre de MM. Opikoffer et Ernst, c'est-à-dire avant 1834, aucun n'avait résolu le problème dans son entier; tous n'étaient destinés en effet, comme le *comparateur*, le *transparent*, le *compteur*, la *fausse équerre* de M. Gelinski, etc., etc., par exemple, qu'à faciliter l'exécution d'une partie de l'opération totale, et ne pouvaient ainsi fournir une solution complète de la difficulté.

Le planimètre Opikoffer et Ernst est donc le premier succès obtenu dans la voie reconnue la meilleure, et on peut dire aussi qu'il forme très-probablement la solution la plus savante et la plus ingénieuse que l'on pourra jamais rencontrer. Malheureusement cette solution n'est ni la plus simple ni la plus pratique, et si l'on consulte les faits, on sera forcé de reconnaître qu'il n'a pu encore entièrement résoudre pratiquement le problème du calcul des plans.

Son usage, à une époque où les travaux du cadastre étaient en pleine activité, ne s'est point en effet généralisé, comme cela aurait eu lieu s'il eût répondu à toutes

PLANIMÈTRE.

les exigences ; peu, très-peu de géomètres l'adoptèrent, bien que l'administration du cadastre en eût recommandé l'emploi par une circulaire spéciale, et, dans le petit nombre de ceux qui en firent l'essai, peu eurent à se louer de ses résultats; bref, l'instrument fut délaissé par ceux-là mêmes qui en avaient le plus grand besoin.

On a spécialement reproché à ce planimètre :

1° D'être d'un prix fort élevé, et que les soins qu'exige sa construction ne permettront pas de réduire beaucoup.

2° D'être très-sujet à dérangement, à erreur même, parce que la forme lenticulaire qu'il faudrait donner à la molette du compteur l'expose à une prompte usure; parce que, ne devant toucher le cône que par un point, cette molette peut souvent *glisser* et donner des indications fausses, surtout lorsqu'on lui fait tenir, sur la surface du cône, un chemin oblique à la génératrice et à la section droite de contact.

3° On lui reproche de plus d'être d'une manœuvre gênante, à cause de sa grande étendue.

4° D'exiger trop d'attention, trop d'adresse et un certain savoir de la part de celui qui l'emploie.

5° De ne pas convenir au calcul des petites parcelles (de celles au-dessous de 50 ares et exprimées à l'échelle de 1 à 2,000 par exemple) parce qu'il exige un temps trop long pour *son placement et sa mise en train ;* parce que le pointé devient plus difficile par le plus grand nombre des changements complets de direction qu'il faut relativement imprimer au style, etc.

On comprendra facilement, en réfléchissant à la valeur pratique de ces objections, pourquoi l'instrument dont il s'agit ne s'est pas davantage répandu. Quoi qu'il en soit, au reste, le fait du peu de suffrages que l'instrument avait pu conserver parmi les praticiens était un motif suffisant pour exciter à de nouvelles recherches; nous allons faire connaître, dit M. Beuvière, les résultats les plus saillants qu'elles aient produits.

Au commencement de 1844 nous fûmes chargés de diriger l'exécution des travaux d'art du cadastre d'un des départements de la Bretagne, et nous nous trouvâmes ainsi en présence des difficultés inhérentes à l'emploi des procédés connus alors pour le calcul des plans ; la question prenait donc pour nous un intérêt nouveau et des plus directs, et nous voulûmes joindre nos efforts à ceux qui avaient été tentés pour sa solution; nous nous mîmes à l'œuvre et nous rencontrâmes bientôt l'idée d'un nouveau planimètre que nous fîmes immédiatement construire, et qui nous a valu des suffrages plus flatteurs que nous ne pouvions espérer.

Cet instrument, que nous avons nommé *planimètre-sommateur* (fig. 11), a pour principe :

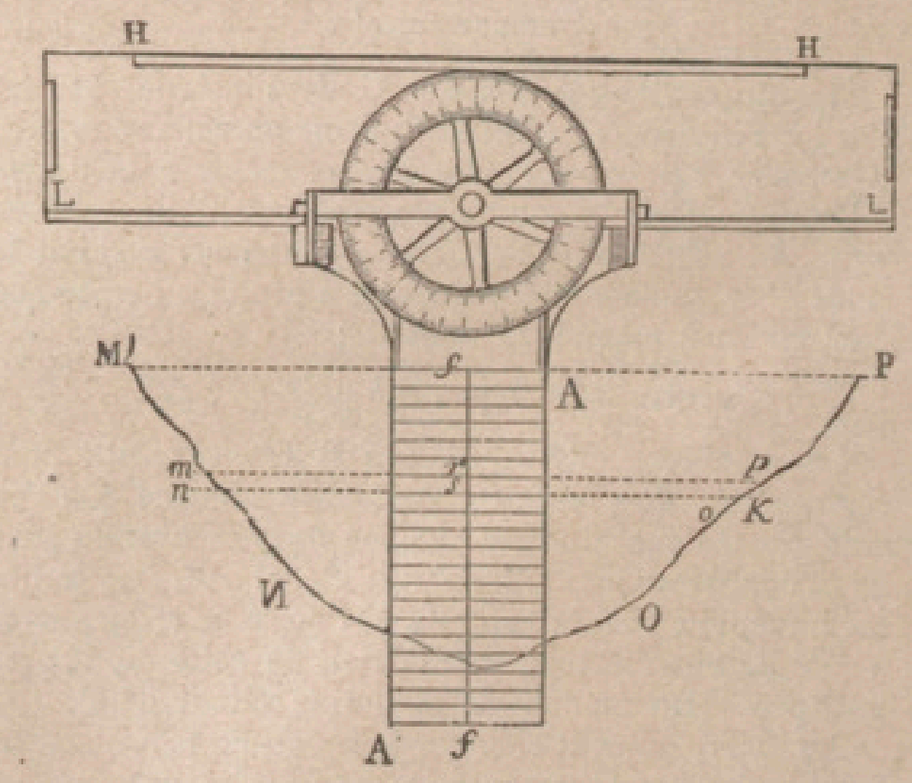


Fig. 11.

1° La *subdivision* de la figure à calculer, en bandes ou zones, de largeur constante et la même pour cha-

cune d'elles ; 2° la *transformation* de chacune de ces zones, qui affectent généralement la forme de trapèzes mixtilignes, en un *rectangle équivalent* de même largeur que la bande qu'il remplace ; 3° enfin, le *relèvement*, et la *sommation*, ou *totalisation* des longueurs des rectangles, substitués aux bandes qui composent la figure.

La *division* en zones d'égale largeur est fictivement effectuée par un système de parallèles gravées sur une échelle en cristal A, posée à plat sur la figure à calculer, et se mouvant parallèlement à elle-même.

La *transformation* de chaque zone en un rectangle équivalent est faite *à vue et au jugé*, au moyen de la *ligne de foi* J' K', que l'on amène *en compensation* sur la partie de périmètre comprise dans la bande que l'on veut transformer ; c'est-à-dire, que l'on place cette ligne formée par le côté de l'échelle en cristal, de manière à rendre équivalentes à la vue les deux petites figures, généralement triangulaires et mixtilignes, analogues à celle $\alpha\beta\gamma$, $\gamma\delta\varepsilon$ et $\alpha'\beta'\gamma'$, $\gamma'\delta'\varepsilon'$ de la bande n° III de la figure 12.

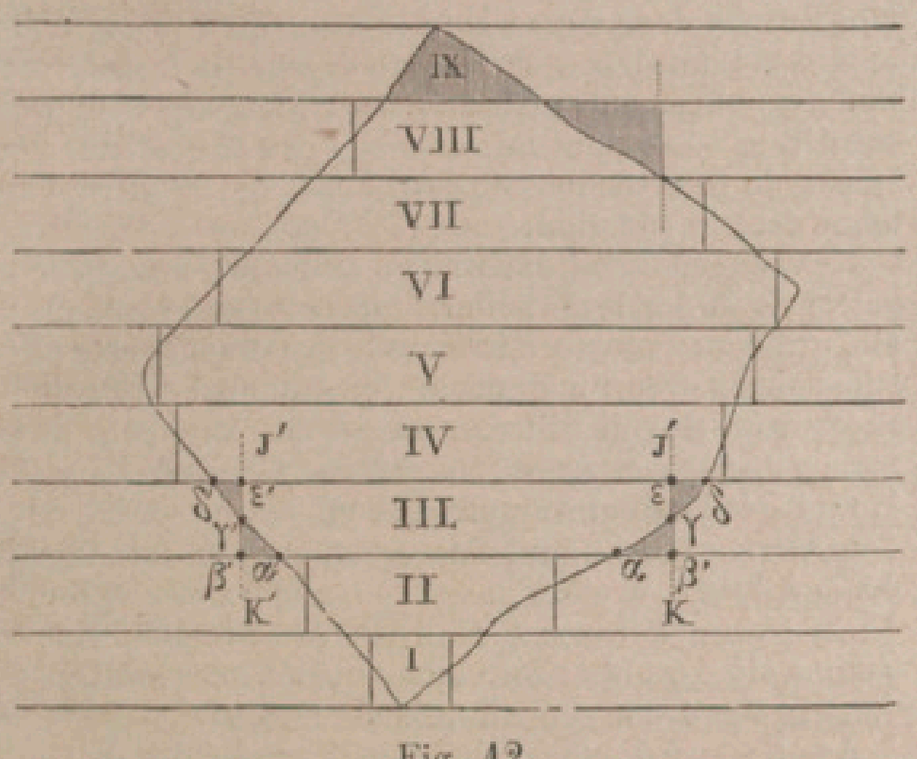


Fig. 12.

Le *relèvement* et la *sommation* des longueurs des rectangles ainsi substitués se font au moyen d'une roue graduée, qui développe en roulant sur une règle mobile en travers H, qui lui reste tangente et s'appuie sur elle à volonté, un chemin précisément égal au déplacement de la ligne de foi J' K', sur la figure à calculer, et égal, par exemple, à toute la longueur de la bande que l'on veut relever.

Voici maintenant la série d'opérations que comporte généralement la manœuvre de l'instrument, pour la quadrature d'une figure quelconque.

On étend avec soin la feuille de plan, qui renferme la figure à calculer, sur une *table bien plane ;* l'instrument, posé et au besoin calé sur une feuille, y est suffisamment fixé par son propre poids.

On le dispose, par rapport à la figure, de manière que la première et la dernière bande (I et IX) soient en général des triangles mixtilignes, ce qui arrive presque toujours, lorsque la ligne de foi J' K' de l'échelle A est à peu près posée en diagonale ; on met alors le comptoir *au point*, en faisant coïncider les traits marqués zéro de la roue et du vernier ; on amène la ligne de foi J' K' de l'échelle *a*, *en compensation* à l'extrémité droite de la bande n° I ; on laisse retomber et agir par pression la règle H H, poussée par un ressort sur la périphérie de la roue ; on imprime, par la poignée *n*, un mouvement de transport, le long du rebord L L du plateau à la chappe de la roue, et par suite au compteur, jusqu'à ce que la ligne J' K' soit arrivée *en compensation* à l'extrémité gauche de la même bande n° I ; cette bande est alors relevée, c'est-à-dire que sa longueur est inscrite sur la roue. Pour relever celles qui suivent, on renverse la règle tangente H H, pour soustraire la roue à son action ; on amène J' K' de l'échelle *en compensation* à l'extrémité droite de la bande n° II ; on laisse agir de nouveau la règle, sur la roue H H, tant que J' K' n'est pas arrivée, *en compensation*, à l'autre extrémité de la même bande ; lorsqu'elle y est arrivée, la longueur de cette bande est aussi *relevée*, et évidemment *ajoutée*, *sommée*, *totalisée* avec celle de la première. On continue cette manœuvre jusques et y compris la dernière ou IXe bande ; les longueurs de toutes les zones, qui composent la figure, sont alors relevées et *cumulées* sur la roue du compteur.

Pour connaître la surface qui correspond à cette somme, il suffit de lire, sur la graduation de la roue, le nombre de divisions dont elle a tourné, et si, comme dans le planimètre ci-contre, la roue a $0^m,500$ de circonférence, et que l'écartement des deux parallèles consécutives de l'échelle *a* soit $0^m,005$, le nombre lu exprimera la valeur de la surface en petits carrés d'un demi-millimètre de côté chacun.

Si la figure était assez grande, pour que la roue du compteur ait dû faire plusieurs tours, on en compterait le nombre de la manière suivante : on prendrait *d'abord note* de la valeur de la fraction de tour, dont la roue aurait, en général, dépassé l'index du vernier, puis on ramènerait, par un *mouvement rétrograde de la roue*, sa division marquée zéro, en coïncidence avec celle analogue du vernier, c'est-à-dire avec l'index. La fraction de tour se trouverait ainsi supprimée, et on n'aurait plus à chercher qu'un nombre entier de tours qui serait donné par la position relative qu'aurait prise sur une petite échelle, placée le long de l'axe de la roue, la bague qui termine le ressort à boudin, et qui étant maintenue, par la traction de ce ressort dans les *creux* d'un filet de vis, pratiqué sur cet axe, est visiblement entraînée sur sa longueur *d'un pas*, ou d'une spire à chaque tour.

Chaque tour complet doit être compté pour 10,000 petits carrés de demi-millimètre de côté, c'est-à-dire pour $\frac{10,000}{4} = 2,500$ millimètres carrés.

C'est d'après cette méthode, et avec un planimètre de ce genre, que M. *Morin*, en répétant dix fois la quadrature d'un cercle de $0^m,100$ de diamètre, a obtenu une moyenne, ne différant que de un 1180me de la surface réelle, et *sans qu'aucune des épreuves partielles ait différé de plus de un* 307me (Rapport à l'Académie des sciences, séance du 16 mars 1846).

Le même instrument appliqué dans des circonstances *entièrement pratiques* à la quadrature de 25 à 30,000 hectares, distribués en 60 à 65,000 parcelles, a constamment soutenu les *comparaisons* à un 600me près, ce que n'a pu faire jusqu'ici aucune des méthodes et instruments connus. En effet, l'emploi du compas et de l'équerre n'a pu toujours atteindre, en pratique courante, la limite d'exactitude réglementaire de un 300me ; quant au planimètre de MM. *Opikoffer* et *Ernst*, même muni de son cône en bois dépoli, il n'a pu dépasser le chiffre de un 400me, dans les expériences auxquelles M. A. *Morin* l'a soumis ; et il est descendu, deux fois sur trois, jusqu'au-dessous de un 228me.

PLAN INCLINÉ. Le plan incliné est une des trois machines simples qui, comme nous l'avons dit dans l'introduction, constituent les éléments primitifs de tout organe mécanique. Ainsi que nous l'avons vu, tout dernier élément de machine est du genre levier, du genre tour ou du genre plan, et l'analyse des conditions mécaniques de ces systèmes trouve à s'appliquer par suite à chaque instant. Leur étude doit, par conséquent, faire le point de départ de toute étude des machines.

Ces considérations font bien comprendre toute l'importance du système plan, appelé plan incliné, quand

on étudie les machines simples, parce que l'on considère le plus souvent le plan fixe supportant des corps pesants et inclinés à l'horizon.

Nous allons passer en revue quelques-uns de ses emplois les plus importants, en y introduisant la considération du frottement, de la résistance passive qui accompagne tout mouvement, car c'est cette considération qui limite surtout l'emploi de cette machine simple.

Le travail du frottement sur un plan est égal à la pression déterminée par la résultante normale au plan de toutes les puissances, multipliée par le coefficient de frottement pour les surfaces en contact, et enfin par le chemin parcouru. On voit que l'on n'a plus ici les avantages de diminution de chemin parcouru du système tour. Ainsi f étant le coefficient du frottement pour les surfaces en contact, P la résultante des composantes normales au plan, l le chemin parcouru par le corps qui presse sur le plan ou par le plan, le corps étant immobile, l'expression du travail consommé par le frottement sur $f\,P\,l$.

On comprendra facilement d'après cela, tout l'avantage de remplacer toutes les fois qu'on le pourra, les guides plans entourant la pièce à conduire par des galets des petites roues supportés par des tourillons fixés, soit à la pièce mobile, soit au plan. En négligeant le frottement de roulement à la surface du galet, dont la valeur n'est pas comparable à celle du frottement de glissement, pour une longueur l parcouru sur le corps, la surface du galet, de rayon R, parcourt une longueur $l = R\omega$ et le tourillon $r\omega$, r étant son rayon; le travail du frottement sur le tourillon sera (voir tous les traités de mécanique appliquée) $\frac{P\,r\,l\,f}{R\sqrt{1+f^2}}$, c'est-à-dire sensiblement $\frac{r}{R}\,P\,l\,f$, f étant une fraction assez petite et par suite $\sqrt{1+f^2}$, étant très voisin de l'unité. Le travail du frottement sur le plan étant $f\,P\,l$, on voit qu'il sera réduit dans le rapport de r à R, quand on emploiera des galets, rapport qui pourra être souvent très grand.

Ce n'est que lorsque l'effort est considérable et que r ne peut plus être très petit, que l'avantage des galets diminue, surtout s'ils doivent servir entre des surfaces assez dures pour altérer leur surface; bientôt il se forme des parties plates sur lesquelles se produit un frottement de glissement, car alors le galet ne tourne plus.

Récepteurs. La disposition de corps de pompe et de piston glissant qui est adoptée pour la machine à vapeur, la machine à colonne d'eau, et qui se rapporte au système plan, offre bien l'inconvénient de faire naître des frottements assez considérables entre le corps de pompe et la garniture du piston, mais cet inconvénient est compensé amplement par la facilité d'obtenir des garnitures excellentes qui empêchent le passage de la vapeur d'un côté à l'autre du piston. C'est ce qui n'a jamais pu être obtenu d'une manière tout à fait satisfaisante pour les palettes à mouvement circulaire qui remplacent le piston dans la plupart des machines rotatives qui ont été essayées. Nous avons dit à MACHINE A VAPEUR, combien était chimérique l'espérance d'obtenir des avantages importants de l'invention de semblables machines, au point de vue de la transmission du travail mécanique produit par la détente de la vapeur, mais c'est la difficulté d'obtenir des garnitures convenables, dont nous venons de parler, qui a surtout empêché les inventeurs d'obtenir des résultats comparables à ceux des plus mauvaises machines à pistons.

Organes de transformation de mouvement. Le plan incliné, servant à tranformer le mouvement sous forme de coins, de rainures rectilignes, est essentiellement défectueux, non-seulement à cause du frottement considérable qui a lieu au contact des deux pièces, mais encore parce que le mouvement rectiligne ne pouvant avoir toujours lieu dans le même sens, étant nécessairement alternatif, il ne peut reprendre d'un sens dans le sens opposé sans choc brusque, et par suite sans destruction considérable de forces vives; ce système est donc essentiellement défectueux.

Ce second inconvénient n'existe pas pour les excentriques, les rainures convenablement tracées, et ces organes n'ont d'autre défaut que de consommer un travail assez considérable par le frottement. Nous avons vu à l'article MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE combien d'ailleurs étaient précieux ces organes avec lesquels on peut faire varier à volonté, par un tracé convenable, les vitesses et réaliser la construction de machines opératrices qui, dans nombre de cas, opèrent tout à fait comme le ferait la main d'un habile ouvrier.

Un plan enroulé autour d'un noyau, autrement dit une vis, constitue une organe de transformation de mouvement dans lequel le frottement est considérable, ce qui est un défaut en tant qu'organe de transformation de mouvement, mais au contraire une qualité pour constituer un organe d'assemblage qui tire surtout sa valeur de la résistance du frottement qui croît rapidement avec la pression.

Nous avons donné dans notre *Traité de Cinématique* la valeur de la partie de l'effort, qui agit sur la tête de la vis, qui est employée à vaincre le frottement. Elle croît rapidement avec l'inclinaison, mais d'un autre côté le rapport du travail utile au travail du frottement augmente aussi avec cette inclinaison. Ce n'est donc pas la moindre inclinaison qui est la plus avantageuse dans tous les cas. Ainsi pour les pressoirs à vis on fait tang. α égale à 1/12e, α étant l'angle d'inclinaison.

On trouve avantage à augmenter l'inclinaison, et comme alors les filets sont trop espacés, à les multiplier, dans le cas des découpoirs, balanciers, etc.

Au-dessous d'une limite d'inclinaison du filet qui dépend du coefficient de frottement, la vis non-seulement ne sortira pas de son écrou par la pesanteur seule, mais encore exigera un effort croissant avec la pression. Ce cas est précisément celui des boulons d'assemblage qui doivent maintenir réunis, comprimés, certains corps, après que la puissance a exercé son action sur la vis ou l'écrou, et dont les parties filetées sont formées de filets très inclinés sur l'axe.

Opérateurs. Pour les presses à coin, à excentrique, le frottement qui s'évalue comme dans les cas simples de l'emploi du plan incliné, permet de démontrer facilement que ces machines sont défectueuses lorsqu'il s'agit de développer des efforts extrêmement considérables; aussi dans ce cas sont-ils presque toujours remplacés par la presse hydraulique.

Nous dirons un mot du tranchant des outils, qui forme véritable coin destiné à pénétrer dans les pores de la matière à travailler. L'acuité de ce coin varie évidemment avec la nature du corps à travailler et avec la manière d'employer l'outil. Ainsi pour travailler le bois, un ciseau qui doit être poussé à la main sera affûté sous un angle très aigu, et les deux plans d'affût seront très allongés; une hache, au contraire, qui doit être lancée avec force sera affûtée en *fermoir*, c'est-à-dire que l'outil assez épais sera terminé par deux plans courts se coupant sous un angle peu ouvert. Cette condition est nécessaire pour que le tranchant résiste au choc.

La quantité de travail absorbée par les frottements, relativement à celle qui est utilisée, augmente beaucoup à mesure que l'angle du coin devient plus aigu (la pression sur les faces étant à la puissance, dans le rapport de la largeur de la tête du coin à la longueu

des faces). On la diminue en faisant diminuer le coefficient du frottement, c'est-à-dire en donnant un grand poli aux outils, et en frottant les tranchants avec des substances grasses, du suif, comme on le voit faire fréquemment à l'ouvrier menuisier par exemple.

PLANS INCLINÉS, *pour chemins de fer et canaux.* Le plan incliné, qui se trouve défini suffisamment par son nom même, est un des plus employés parmi les appareils qu'en mécanique l'on désigne sous le nom de machines simples. Nous le voyons mettre en usage tous les jours pour faire monter ou descendre les fardeaux les plus lourds, les matériaux employés aux constructions. Mais c'est aux chemins de fer et aux canaux qu'on en a fait les plus importantes applications.

Sur un nombre considérable de chemins de fer, en effet, soit en Europe, soit en Amérique, les plans inclinés ont été employés pour franchir à peu de frais des pentes considérables. Leur emploi permet, comme il est facile de le concevoir, de se dispenser des travaux les plus coûteux, tels que les viaducs, les tranchées profondes et les tunnels qui, pour une proportion presque insignifiante de la longueur totale d'un chemin, absorbent une partie notable de la dépense générale. C'est donc surtout dans les contrées où la population peu nombreuse occupe cependant une grande étendue de territoire que l'emploi des plans inclinés a dû trouver ses plus fréquentes applications, et c'est en effet dans les États-Unis d'Amérique qu'on en voit les plus fréquents exemples.

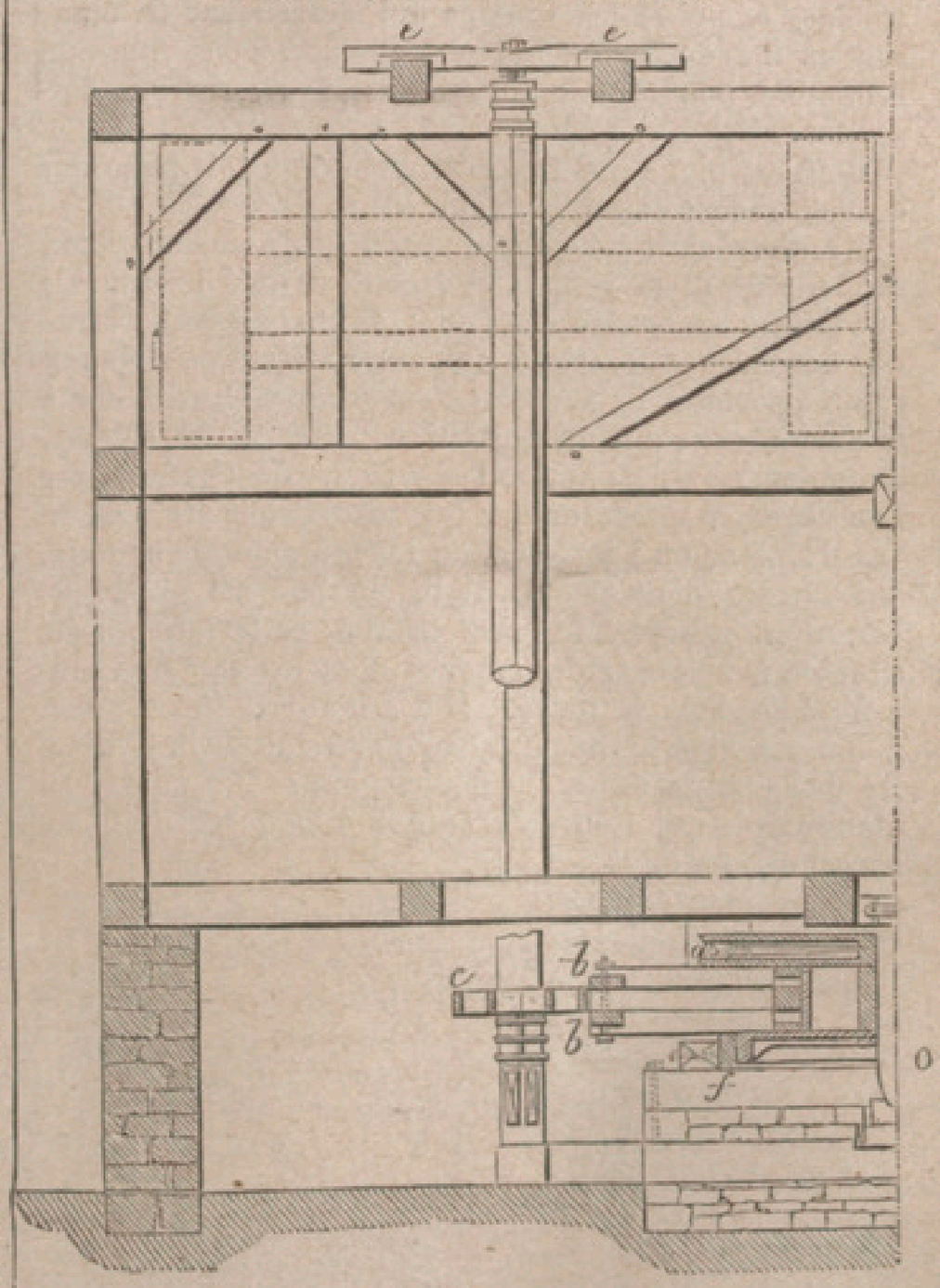
Dans la plupart des cas, la remorque des trains qui se présentent pour franchir un plan incliné se fait au moyen d'une machine à vapeur établie au sommet du plan, et qui, par une transmission de mouvement, fait marcher un tambour horizontal ou vertical autour duquel s'enroule une corde à laquelle est attaché le train montant. Lorsqu'un train doit descendre, au lieu de monter, on l'attache à la corde de la même manière; mais comme le poids du train aurait pour effet d'accélérer le mouvement d'une manière dangereuse, on le modère au moyen d'un frein qui agit sur le tambour, et souvent, pour plus de précaution, on fait agir aussi les freins dont sont munis quelques-uns des wagons.

Dans les chemins de fer à deux voies on emploie souvent deux tambours, et l'on dispose les cordons autour de ces tambours, de telle sorte que l'une monte lorsque l'autre descend; on combine aussi, autant que possible, le mouvement ascensionnel d'un train avec la descente d'un autre, ce qui rend la descente plus facile. Dans quelques plans inclinés, et notamment au grand plan du chemin de fer de Liverpool à Manchester, on n'a qu'une seule corde sans fin s'enroulant autour des deux tambours.

Lorsque l'inclinaison d'un plan incliné n'est pas assez forte pour que les wagons descendent par leur propre poids, on dispose, au bas du plan incliné, une poulie de renvoi autour de laquelle passe une lourde corde dont une extrémité s'attache à l'avant du convoi descendant, et l'autre à l'arrière du convoi montant; de cette manière, lorsque le convoi montant commence à se mouvoir, il entraîne aussi le convoi descendant.

La limite jusqu'à laquelle les trains peuvent être remorqués sur une rampe par une locomotive, dépend non-seulement de la roideur de cette rampe, mais aussi de sa longueur. Ainsi lorsqu'une rampe n'a qu'une étendue peu considérable, des expériences récentes ont montré qu'on peut la porter jusqu'à 20 et même 25 millimètres par mètre sans avoir recours à des machines fixes pour remorquer les trains. Mais il est bien entendu qu'alors la vitesse est nécessairement très modérée. On en voit un exemple sur le chemin de fer de Birmingham à Glocester; les trains sont remorqués par une locomotive sur une rampe de 27 millimètres, et de 4 kilomètres d'étendue environ, avec une vitesse de 20 à 25 kilomètres à l'heure. Comme on peut toujours se maintenir au-dessous de ces limites, l'emploi des locomotives à six roues couplées pour la traction sur les fortes rampes est toujours plus économique que celui des machines fixes, d'autant plus que dans ce dernier cas on est tenu, par suite de la nécessité d'obtenir les alignements droits nécessaires au jeu des câbles, à des dépenses de terrassements beaucoup plus considérables que dans le premier cas, où la faible vitesse des convois et l'absence de câbles permet, en général, de réduire de beaucoup l'inclinaison de la rampe en contournant les inégalités du sol. D'après l'état actuel de la locomotion, le service des fortes rampes par des locomotives présente (économie sur les travaux d'art comprises) une économie de 25 p. 100 au moins sur le remorquage, au moyen de plans inclinés desservis par des machines fixes. Aussi les ingénieurs allemands qui construisent en ce moment un grand nombre de chemins à fortes pentes (15 à 20 millimètres par mètre) ont-ils donné exclusivement la préférence aux locomotives, pour tous les chemins actuellement en construction ou en projet.

Cependant, dans quelques localités, lorsque le transport ne s'effectue que dans un sens, en descendant, et qu'on rencontre des pentes de beaucoup supérieures à 1/30e, il convient d'employer des plans inclinés automoteurs tout à fait analogues à ceux usités dans les mines. Comme exemple de ce cas, nous citerons les dispositions ingénieuses au moyen desquelles on fait monter ou descendre les trains sur le chemin de fer de Pottsville à Sunbury (État de Pensylvanie).



2028.

Ce chemin est destiné spécialement au transport des charbons dont le mouvement a lieu de la montagne appelée Broad Mountain, vers le Schuylkill. Les plans inclinés y sont au nombre de six. Les quatre premiers vont en descendant la montagne au Schuylkill, et,

PLANS INCLINÉS.

par conséquent, la plus grande difficulté consiste à régler et à modifier la vitesse des trains chargés de charbon, qui descendent ces plans, dont l'inclinaison est considérable (elle varie de 1/8 à 1/4). Chacun d'eux est muni d'une chaîne sans fin s'enroulant sur la gorge de deux roues placées l'une en haut et l'autre en bas du plan. Chacune des deux roues est formée de deux plateaux en fonte reliés par des boulons et séparés par une couronne en bois de chêne. Elles sont placées l'une et l'autre dans une cavité en maçonnerie recouverte d'un plancher, sur lequel passe le chemin de fer. L'arbre *o*, de la roue *a* (fig. 2028), placée en haut du plan, porte, vers son extrémité inférieure, une autre roue en fonte *f*, contre le rebord de laquelle vient frotter un frein en bois. Ce frein est manœuvré par un homme placé en haut du plan, au moyen d'un levier fixé à l'extrémité supérieure de l'axe qui porte la roue du frein. L'action de ce frein suffit pour régulariser le mouvement des wagons sur les deux plans qui sont le moins inclinés; pour les deux autres on a dû, en outre du frein, établir un régulateur à éventail. Entre la roue *a*, dont la gorge porte la chaîne, et celle *f* contre laquelle vient frotter le frein, on a établi une grande roue dentée en fonte *bb*, qui engrène avec deux roues plus petites *cc*, fixées chacune à un arbre vertical d'une longueur assez considérable et portant à son sommet deux éventails superposés *ee*. L'action de ces éventails régularise presque instantanément le mouvement des wagons qui arrivent au bas du plan avec une vitesse presque nulle; on fait descendre ainsi quatre wagons à la fois.

Les objets à remonter sont ordinairement remorqués, soit par le poids des wagons qui descendent le plan, soit au moyen de wagons chargés de pierres que l'on remonte à leur tour lorsque les trains de charbon descendent.

Pour les plans inclinés que le charbon doit remonter on a eu recours au moyen suivant :

Un réservoir a été établi au sommet de chacun d'eux, et l'on remplit ces réservoirs avec l'eau de deux sources que l'on a détournées à cet effet. Cette eau sert à remplir des caisses en tôle contenant 4 mètres cubes environ, et portées sur des trains suspendus. On attache à la chaîne sans fin un certain nombre de ces caisses, d'une part et de l'autre, les wagons de charbon que l'on veut remonter; lorsque les caisses sont arrivées au bas du plan, on les vide et on les remonte à leur tour.

L'un des deux plans que le charbon est obligé de remonter présente un profil courbe; cette forme a été adoptée pour éviter des travaux d'excavation très considérables dans le rocher. Il est muni à son sommet d'une machine à vapeur à haute pression de la force de 90 chevaux. La remorque des wagons se fait au moyen d'une corde qui s'enroule autour d'un tambour horizontal mis en mouvement par la machine à vapeur; on régularise le mouvement du tambour au moyen d'un frein que l'on fait agir avec un treuil. L'inclinaison moyenne du plan est de 1/5e environ.

Sur certains canaux des Etats-Unis on a aussi employé les plans inclinés au lieu d'écluses pour raccorder entre eux les biefs successifs lorsque la différence de niveau à racheter est considérable. C'est ce qui a eu lieu sur le canal Morris, qui met en communication la Delaware avec l'Hudson, un peu au-dessous de New-York. Ce canal offre une pente et une contre-pente totale de 510 mètres, dont 440 mètres sont rachetés par vingt-trois plans inclinés, et le reste par des écluses. L'inclinaison de ces plans inclinés varie de 1/10e à 1/12e.

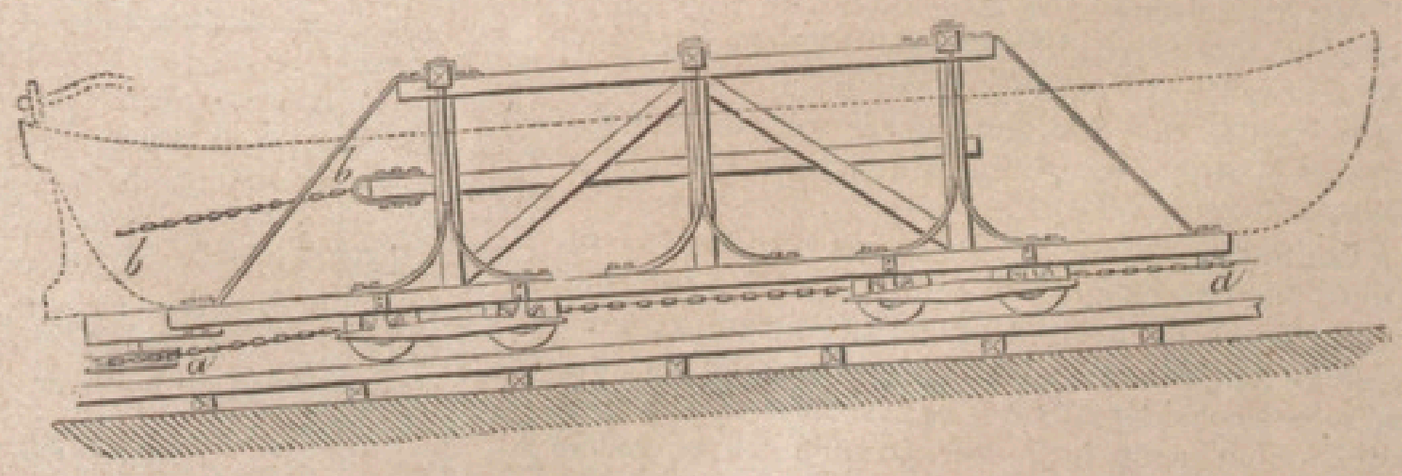
Les bateaux arrivés au pied ou au sommet de chaque plan sont hissés et amarrés sur des chars qui servent à opérer la descente ou la remonte des bateaux. Voici le mécanisme le plus remarquable employé sur ces plans inclinés : chaque plan présente deux voies de fer dont chacune est précédée immédiatement d'un sas en bois contenant, l'un le bateau qui monte, l'autre le bateau qui descend. Néanmoins il n'est pas indispensable que la descente d'un bateau soit combinée avec l'ascension d'un autre; dans le cas où il n'y en a qu'un seul à faire monter ou descendre, les deux chars sont toujours mis en mouvement, afin qu'il y en ait toujours un en haut et l'autre en bas du plan.

Une roue à augets placée latéralement à l'un des sas fait mouvoir, par un système d'engrenages, une roue à gorge, en fonte, dont l'axe vertical se trouve sous la cloison qui sépare les deux sas. Une forte chaîne en fer fixée par les deux extrémités à une poutre horizontale qui traverse la charpente des deux sas, s'enroule d'une part autour de la roue en fonte dont nous venons de parler, et de l'autre autour de deux petites roues également en fonte placées à l'arrière des chars qui portent les bateaux, de sorte que si le char situé dans l'un des sas descend, la chaîne qui s'allonge de son côté pour se prêter au mouvement diminue d'autant de l'autre côté et fait monter le char qui arrive au sas voisin.

Afin de pousser dans l'eau le char descendant lorsqu'il est arrivé au bas du plan incliné, et pour lui faire parcourir la longueur du sas lui-même, on a fixé au bas du plan incliné et dans l'eau une poulie autour de laquelle vient s'enrouler une seconde chaîne fixée par chacune de ses extrémités à une traverse placée au-dessus du train du char. On voit alors que lorsque le char ascendant est tiré par la chaîne principale, l'autre chaîne tire également le char descendant, et le fait en premier lieu sortir du sas, puis, lorsqu'il est arrivé au bas du plan, elle le fait entrer dans l'eau.

La chaîne principale et la chaîne accessoire sont soutenues sur le plan incliné par deux séries de poulies. La fig. 2029 donne l'élévation d'un bateau placé sur le char; *aa* et *bb* sont les deux chaînes.

La manœuvre des portes du sas se fait d'une manière très ingénieuse et dure à peine une minute. Le temps nécessaire pour la remonte d'un char portant un bateau de charbon est de onze à douze minutes, sur le plus long des plans inclinés qui a 30 mètres de hauteur et 335 mètres de longueur horizontale. Il faut, en outre, trois minutes pour lancer le bateau dans le bief supérieur; c'est donc en tout un quart d'heure pour le passage d'un bief dans l'autre.



2029.

Lorsque le bateau que l'on veut remonter est arrivé

au bas du plan incliné, on le conduit sur le char qui se trouve couvert d'eau, mais dont l'emplacement se reconnaît par les montants verticaux qui le surmontent de chaque côté. On fixe le bateau sur le char au moyen d'une corde que l'on amarre au bordage du bateau, d'un côté, et que l'on fixe de l'autre à l'un des deux montants du milieu du char; lorsque celui-ci est un peu soulevé, le poids du bateau le rend immobile sur le char; chaque bateau porte de 25 à 30 tonnes de charbon, c'est beaucoup moins que la charge des bateaux sur la plupart des canaux; mais sur le canal Morris, on était limité par la force motrice dont on pouvait disposer pour faire monter aux bateaux les plans inclinés. On avait à craindre en outre que les flancs de ces bateaux ne fussent pas en état de supporter une plus lourde charge, lorsque celle-ci ne se trouve plus contre-balancée par la pression de l'eau. Mais sur des lignes de navigation où le mouvement n'est pas très actif et où d'ailleurs la nature des objets que l'on transporte permet de diviser les chargements, l'emploi des plans inclinés est avantageux, surtout lorsque les différences de niveau à franchir sont considérables.

E. CHEVALIER.

PLANCHE. Voyez SCIERIE.

PLANCHETTE. Voyez LEVÉ DES PLANS.

PLANE. Sorte de couteau à deux manches très employé par les tonneliers, les charrons, etc. Voyez MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE, fig. 1731.

PLAQUÉ. Voyez ORFÉVRERIE.

PLATINE (*angl.* et *all.* platin). D'après un travail plein d'intérêt récemment publié en Allemagne, il paraît que le platine était connu des Romains, qui étaient parvenus à le travailler, et qu'au moyen-âge il était également employé par quelques alchimistes; mais ce n'est que vers le milieu du siècle dernier qu'on commença à l'importer d'Amérique en Europe en quantité assez considérable, et c'est Tugot et Daumy, ou, d'après d'autres personnes, Jeannety, orfèvres, qui le travaillèrent les premiers en grand; quelques années plus tard, Wollaston découvrit le procédé qui est actuellement usité, à peu de différence près, pour le traitement des minerais de platine.

Le platine forgé est d'un blanc un peu gris; il prend un grand éclat par le poli; il n'a ni saveur ni odeur. Il est très malléable et très ductile; il a presque la même ténacité que le fer; parfaitement pur, il est plus mou que l'argent, mais une très faible proportion d'iridium lui donne beaucoup de dureté et d'élasticité. C'est le moins dilatable de tous les métaux. De 0° à 100° sa dilatation linéaire est de 1/1167; sa densité est de 21,50. On ne peut le fondre qu'au chalumeau à gaz hydrogène et oxygène; il se ramollit à la chaleur blanche, et peut alors être forgé et se souder sur lui-même comme le fer. En calcinant du chlorure ou un autre sel de platine, on l'obtient sous la forme d'une masse spongieuse, mate, d'un gris cendré sans éclat, connue sous le nom d'*éponge de platine*. En faisant bouillir du perchlorure de platine avec un excès de potasse ou de carbonate de soude, et versant peu à peu de l'alcool dans la liqueur chaude, on en précipite le platine, très divisé, à l'état métallique, sous la forme d'une poudre noire qui porte le nom de *noir de platine*; sous cet état, le platine condense dans ses pores une proportion considérable de gaz, et, par exemple, détermine l'inflammation de l'alcool absolu et la transformation, au contact de l'air, de l'alcool étendu en acide acétique.

Le platine n'est attaqué ni par les hydracides, ni par les oxacides, lorsqu'il est pur; mais il se dissout dans l'acide nitrique, lorsqu'il est allié à un excès d'argent; il se dissout aisément dans l'eau régale. Les alcalis caustiques, le nitre et le bi-sulfate de potasse, l'attaquent par voie sèche. Les persulfures alcalins, le phosphore et l'arsenic, l'attaquent facilement à l'aide de la chaleur; le chlore l'attaque aussi, mais plus difficilement. Il est susceptible de s'allier avec presque tous les métaux.

Oxydes.

Les oxydes de platine sont complétement réduits par la chaleur rouge. On en connaît deux.

Le *protoxyde* n'est connu qu'à l'état d'hydrate d'un brun-noir, très peu stable, que l'on obtient en précipitant à froid le protochlorure par un excès de potasse caustique. Anhydre il renfermerait :

Platine.	0,925	PtO.
Oxygène.	0,075	

Le peroxyde s'obtient à l'état d'hydrate d'un jaune ocreux, absolument semblable à l'hydrate de peroxyde de fer, en précipitant le perchlorure, ou mieux le sulfate de peroxyde, par un excès de potasse caustique. En le chauffant avec précaution, il se déshydrate et devient noir; il se compose de :

Platine.	0,86	PtO^2.
Oxygène.	0,14	

Sels de platine.

Les sels de protoxyde sont d'un vert olive ou d'un brun noirâtre, très peu stables. Les sels de peroxyde sont jaunes ou bruns et fortement colorés. Ils sont complétement réduits par la chaleur blanche; le sulfate de fer ne les précipite pas; l'hydrogène sulfuré les précipite en brun foncé; ils ont une grande tendance à former des sels doubles. Le peroxyde se combine avec les alcalis pour former des platinates insolubles dans l'eau, mais solubles dans les acides.

Le *protochlorure de platine* est vert-olive, peu stable, insoluble dans l'eau, et composé de :

Platine.	0,736	$PtCl^2$.
Chlore	0,264	

On l'obtient en chauffant le deuto-chlorure à la température du plomb fondant, jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de chlore, et lavant à l'eau froide pour enlever le reste du deuto-chlorure.

Le *perchlorure de platine* est d'un rouge-brun lorsqu'il est concentré, et jaune-orange en dissolution étendue; il est soluble dans l'eau et l'alcool. On l'obtient en dissolvant le platine dans l'eau régale, évaporant à siccité avec précaution et reprenant par l'eau. Il renferme :

Platine.	0,5785	$PtCl^4$.
Chlore.	0,4215	

Le perchlorure de platine a beaucoup de tendance à se combiner avec les chlorures alcalins pour former des chlorures doubles.

Le chlorure double de platine et de potassium est d'un très beau jaune orangé, peu soluble dans l'eau, où il devient tout à fait insoluble lorsqu'on y ajoute un léger excès de chlorure de potassium, ou de l'alcool en certaine quantité. Le sel correspondant de soude est très soluble, dans les mêmes circonstances. Le sel double ammoniacal se comporte comme celui donné par la potasse; on utilise les propriétés de ces composés pour séparer, dans les analyses, la potasse de la soude, pour doser l'ammoniaque et le platine, et dans le traitement en grand du platine.

Lorsqu'on traite le protochlorure de platine par l'ammoniaque, il se précipite un composé vert cristallisé qui est un chlorure anhydre d'un radical qui joue le rôle d'un corps simple, et se compose de 1 équivalent de platine et 1/2 équivalent d'ammoniaque AzH^3Pt; lorsqu'on fait bouillir longtemps ce sel avec de l'ammoniaque, il s'y dissout, et la liqueur donne des cristaux jaunes, qui sont un chlorure hydraté d'un nouveau corps analogue au premier, et dont la composition est représentée par la formule Az^2H^6Pt; ces composés remarquables donnent une série de sels, étudiés par

M. J. Reiset, et dans lesquels ils jouent le rôle de corps simples ou de radicaux, tout à fait comme le cyanogène dans les cyanures.

Minerais de platine. — Traitement.

Les minerais de platine sont des alliages qui renferment, outre le platine, du palladium, de l'iridium, du rhodium, de l'osmium et du ruthénium. Ces minerais ne se trouvent en quantité exploitable que dans les alluvions anciennes qui renferment l'or et le diamant. On les a également découverts récemment en filons, dans la Colombie et en Sibérie. Pendant longtemps, les seuls gisements de platine connus étaient situés dans l'Amérique méridionale ; actuellement les gisements de Sibérie en produisent une quantité beaucoup plus considérable, mais qui n'est pas livrée au commerce et est convertie en monnaie ayant cours seulement en Russie. Il paraît que la monnaie de platine vient d'être démonétisée dans ce pays, ce qui, nous l'espérons, fera baisser le prix élevé de ce métal, si précieux dans nombre d'industries.

Après avoir lavé les minerais de platine, on sépare toutes les parties magnétiques, au moyen d'un barreau aimanté, on les chauffe au rouge et on les traite par l'acide hydrochlorique. On prend le résidu que l'on fait digérer, s'il y a lieu, avec de l'eau régale affaiblie pour dissoudre les particules d'or qu'il peut renfermer, puis on le traite à chaud dans une cornue, par de l'eau régale concentrée ; la liqueur distillée ne renferme que de l'acide osmique ; le résidu non attaqué est composé d'osmiure d'iridium, de fer chromé et titané, etc. ; et enfin la liqueur qui reste dans la cornue renferme en dissolution le platine, le palladium, le rhodium, le cuivre, une grande partie du fer et une certaine quantité d'iridium. Cette dissolution étant convenablement rapprochée, on y verse une dissolution saturée à froid de sel ammoniac, tant qu'il s'y forme un précipité de chlorure double de platine et d'ammoniaque, lequel ne renfermera que très peu d'iridium parce que la liqueur est très acide. Du reste, la présence de l'iridium est plutôt un avantage qu'un inconvénient, dans certaines limites, parce que le platine parfaitement pur est plus mou que l'argent, et moins propre, à cause de cela, à servir pour faire des creusets et divers autres instruments, que le platine qui contient une faible quantité d'iridium, lequel lui donne de la dureté et de l'élasticité. En calcinant le chlorure double dans de grands creusets de terre on obtient de l'éponge de platine. Les eaux-mères d'où l'on a précipité le platine sont évaporées au dixième et précipitées de nouveau par le sel ammoniac, on obtient alors un dépôt rouge qui contient beaucoup d'iridium et un peu de platine ; on le ramène à l'état métallique en le chauffant au rouge, et on le traite par l'eau régale faible qui dissout le platine et laisse la plus grande partie de l'iridium sans l'attaquer. On comprime l'éponge de platine obtenue, dans un cylindre en fer, terminé par un bouchon d'acier, d'abord avec un piston en bois, et ensuite avec un piston en acier ; puis on la porte au blanc et on la comprime plusieurs fois de suite à cette température, jusqu'à ce qu'elle soit assez agrégée pour se travailler facilement au marteau. Il vaut mieux, pour éviter que des poussières ne s'introduisent dans l'éponge et ne donnent lieu plus tard à des failles ou à des criques, réduire l'éponge en poudre avec un pilon en bois, mettre cette poudre en suspension dans l'eau, la laver par décantation, puis en former une pâte que l'on comprime fortement, à l'aide d'un balancier ou d'une presse hydraulique, dans un cylindre en fer, chauffer ensuite au blanc le culot que l'on obtient ainsi et le travailler comme ci-dessus.

Usages. Le platine est principalement employé dans les laboratoires de chimie, à l'état de creusets, de capsules et de cornues, à cause de son infusibilité, et de son inaltérabilité en présence d'un grand nombre de corps simples ou composés ; par la même raison il est très employé dans les fabriques de produits chimiques, celles où se fait l'affinage des matières d'or et d'argent, etc., pour fabriquer une partie des cornues, ou récipients, et le serait encore bien davantage sans son prix élevé.

Statistique. La production annuelle du platine est de 2.150 à 2.300 kilogr., savoir :

Colombie et Brésil. . . .	250 à 300k
Oural.	1.900 à 2.000
	2.150 à 2.300k

Le platine de Russie est monnayé, celui de l'Amérique est seul versé dans le commerce. Il vaut actuellement en feuilles 1,000 fr. le kilog. Voy. *Complément*, article PLATINE, le procédé Deville. P. DEBETTE.

PLATRAS. Le lessivage des plâtras donne des nitrates de chaux et de magnésie, que l'on transforme en *nitrate de potasse*, lorsqu'il est impossible de se procurer ce dernier à plus bas prix par le commerce. Voyez NITRATES et POUDRE.

PLATRE (*angl.* gypsum, *all.* gyps). Le plâtre ou sulfate de chaux est très abondant dans la nature ; on en rencontre deux espèces, le sulfate de chaux anhydre et le sulfate de chaux hydraté ou gypse. La première espèce est assez rare et n'a que peu d'emploi ; nous ne nous occuperons donc que de la seconde espèce, qui, par ses nombreuses applications, constitue une branche d'industrie considérable pour les localités où elle se trouve.

Le gypse se présente fréquemment en tables *tiselées* de diverses manières, à bases de parallélogrammes obliquangles ; on le rencontre aussi sous la forme de lentilles plus ou moins volumineuses, ordinairement jaunes, isolées ou groupées en rose ou en *fer de lance*. Ces cristaux sont quelquefois limpides, quelquefois opaques ou colorés en jaune. Dans les grandes masses que le gypse forme dans le sein de la terre, on observe plusieurs variétés de structure : la structure fibreuse, souvent douée d'un éclat nacré, la structure lamelleuse, la structure compacte. Dans tous les cas, sa densité est d'environ 2.31. Exposé au feu, il durcit et blanchit en perdant son eau de cristallisation. Réduit en poudre, il absorbe ensuite l'eau avec avidité et se solidifie. Cette solidification, qui produit un dégagement de chaleur, est due à ce que le plâtre cuit mis en contact avec de l'eau, l'absorbe et repasse à l'état cristallin ; les cristaux s'entrelacent, contractent de l'adhérence, et forment un tout d'une dureté moyenne.

Le gypse se rencontre en général dans les parties supérieures des terrains secondaires et dans les terrains tertiaires. Il forme dans les premiers des couches puissantes intercalées avec des couches de calcaire ; dans les seconds, il forme des dépôts plus ou moins étendus, accompagnés de marnes ; c'est ce qui se présente dans les environs de Paris, à Montmartre et Ménilmontant, où il est exploité comme *pierre à plâtre*.

On donne le plus généralement le nom de plâtre au gypse privé d'eau par calcination, cependant on l'applique aussi quelquefois au gypse tel qu'on l'extrait des carrières, ce qui a donné lieu aux expressions de plâtre cuit et plâtre cru. Le plâtre s'emploie dans les constructions et, en agriculture, pour amender les terres. En général, tous les plâtres sont bons quand on les emploie comme amendements, mais tous ne peuvent être employés dans la construction.

Les gypses purs, tels que ceux qui sont cristallisés, lamelleux, fibreux, etc., etc., donnent, par une cuisson bien faite, un plâtre fin et blanc qui se gonfle trop et donne un enduit qui ne tient pas ; tel est le plâtre des mouleurs. Pour les constructions, il faut qu'il renferme des matières inertes jouant ici le même rôle que le sable

PLATRE.

dans le mortier; il peut en contenir jusqu'à 20 p. 100. C'est là ce qui explique pourquoi le procédé de cuisson le plus imparfait est celui qui donne le plâtre de meilleure qualité. Ce procédé consiste, comme tout le monde le sait, à construire, au moyen des plus gros moellons, de petites voûtes peu larges, puis d'entasser au-dessus le plâtre, en ayant soin de le graduer suivant sa grosseur : les morceaux les plus gros étant le plus près du feu, et les plus petits à l'extérieur. La cuisson s'opère en brûlant du bois sec sous ces voûtes ; plus elle est lente et régulière, meilleurs sont les produits. L'opération dure, en moyenne, dix heures; quand elle est achevée, on bouche les ouvertures avec des moellons et on recouvre le tas avec du plâtre en poudre.

D'après ce qui précède, on voit que le plâtre du four n'est pas également cuit dans toutes ses parties. En effet, celui qui est près du feu est trop calciné pour faire prise avec l'eau ; le plus éloigné est encore trop hydraté pour ne pas être également inerte, mais le tout, mélangé, donnera un plâtre d'excellente qualité.

Au lieu d'opérer ainsi, on pourrait cuire également le plâtre dans toutes ses parties, et ajouter ensuite des matières étrangères qui n'auraient pas subi les frais de cuisson.

Dans les environs de Paris on emploie du bois pour cuire le plâtre ; on a cherché à le remplacer par de la houille. Dans le département de Saône-et-Loire on emploie des fours à deux foyers, dans lesquels on brûle de la houille. Dans ces fours, on emploie 1.120^k de houille pour cuire 25.000^k de plâtre. A Paris, on a essayé d'em ployer la chaleur perdue des fours à coke pour cuire le plâtre ; on obtient d'excellents résultats en dirigeant la chaleur perdue de trois fours à coke sur un four à plâtre de très grandes dimensions, en ayant soin d'échelonner la préparation du coke de telle manière, qu'elle se trouve dans chaque four à une époque différente ; on obtient une température moyenne qui varie peu pendant la cuisson ; il est bien entendu que l'on doit avoir deux fours, l'un que l'on prépare pendant que la cuisson s'opère dans l'autre.

Le plâtre destiné à l'agriculture peut se cuire à très bas prix au moyen de fours coulants à feu continu.

Le plâtre cuit doit être broyé avant d'être livré à la consommation ; le broyage se fait au moyen de moulins en fonte très solides analogues aux moulins à café, ou mieux, de meules verticales en pierres roulant dans une auge de même substance; au centre de cette auge on dispose un crible à travers lequel le plâtre tombe tout préparé, et sans augmentation de main-d'œuvre dans les magasins. Ce broyage ne doit pas être trop parfait, sinon le plâtre perdrait une partie de ses propriétés plastiques.

Le plâtre doit être employé aussitôt qu'il est cuit ; il perd de sa qualité s'il reste exposé à l'air dont il attire rapidement l'humidité. Les ouvriers disent que le plâtre est *éventé*, c'est-à-dire qu'il a été exposé à l'air, quand il perd, avec son onctuosité, la faculté de durcir promptement. Si on ne peut l'employer aussitôt qu'il est cuit et moulu, on le renferme dans des tonneaux que l'on place dans des lieux bien secs.

Lorsque le plâtre n'est pas assez cuit, il est aride et ne forme pas un corps assez solide ; s'il est trop cuit, il n'a plus ce que les ouvriers de Paris appellent d'*amour*, c'est-à-dire qu'il n'est pas assez gras ; s'il est cuit à propos, l'ouvrier sent en le maniant qu'il est doux et qu'il s'attache aux doigts.

Nous avons vu précédemment que le plâtre réduit en poudre n'a besoin que d'être mélangé avec l'eau pour former un corps solide d'une dureté moyenne ; il serait donc préférable au mortier s'il pouvait résister aussi longtemps que lui aux intempéries de l'air et à l'humidité, mais il n'en est pas ainsi. On ne peut employer le plâtre que dans l'intérieur des édifices, où il se conserve très bien. Dans les localités où il est d'excellente qualité à Paris, par exemple, on en fait une consommation énorme dans la construction des maisons.

Pour *gâcher* le plâtre à Paris, on commence par mettre l'eau dans l'auget qui doit servir à la manipulation ; on ajoute ensuite le plâtre, en le semant jusqu'à ce qu'il atteigne presque la surface de l'eau ; on attend un peu qu'il commence à prendre, et alors on le remue avec une truelle en cuivre (une truelle en fer s'oxyderait trop rapidement à cause de l'acide sulfurique) pour qu'il forme une pâte uniforme. Il faut environ autant d'eau que de plâtre. Plus le plâtre est fort, plus il faut le gâcher promptement, afin qu'on ait le temps de l'employer avant qu'il commence à durcir. Chaque fois que l'on gâche, il faut nettoyer l'auget avec soin ; c'est ce qui se fait avec la truelle, dont les arêtes doivent être bien vives.

On met plus ou moins d'eau pour gâcher le plâtre en raison des ouvrages que l'on a à faire ; si l'on a besoin de toute sa force, on n'y met que la proportion d'eau nécessaire pour donner à la pâte la consistance convenable pour son emploi ; c'est ce que les maçons appellent *gâcher serré*. Lorsqu'on y met plus d'eau, ce qui se dit *gâcher clair*, il donne plus de temps pour l'employer. Pour faire des enduits, on le gâche encore plus clair ; enfin, lorsqu'il s'agit de remplir des vides où la main ni la truelle ne peuvent atteindre, on forme un *coulis*, qui est assez clair pour être versé par des godets placés de manière à pouvoir diriger le coulis dans les cavités qu'il doit remplir. Le plâtre ainsi délayé ne peut pas former un corps bien solide ; aussi ne doit-on l'employer que quand les vides qu'il doit remplir n'ont pas de charge à soutenir.

Plâtre durci ou aluné. Depuis quelque temps, on prépare, au moyen du plâtre, une nouvelle substance plastique qui, tout en conservant une partie des propriétés de la matière première, en acquiert de nouvelles. Le plâtre aluné se rapproche du marbre par le poli, mais il résiste mal aux intempéries de l'atmosphère. Voici en peu de mots sa fabrication qui est, en France, l'objet d'un brevet.

On commence à cuire dans un four à réverbère chauffé à l'air chaud, le plâtre que l'on veut aluner ; on a eu soin de choisir pour cela les pierres les plus belles et les plus blanches. Lorsque la cuisson est terminée, on laisse refroidir le plâtre, puis on le place dans de grandes caisses en bois à claire-voie, que l'on plonge dans un bain d'eau tenant en dissolution 10 pour 100 d'alun. Après une immersion de quelques minutes, on retire la caisse, on la laisse égoutter quelque temps au-dessus du bain ; puis on la vide sur une aire préparée pour le recevoir. Ce plâtre aluné est porté dans le four, et on le recuit à une température beaucoup plus élevée que la première fois, et qui doit être poussée jusqu'au rouge. Après l'avoir laissé refroidir, on le pulvérise dans un moulin en fonte ; puis on le blutte.

Récemment on a perfectionné ce procédé de fabrication d'une manière remarquable. On mélange intimement le plâtre avec de l'alun en poudre, puis on chauffe une seule fois ; on voit par là qu'on obtient une grande économie de combustible et de main d'œuvre.

Stuc. On distingue deux espèces de stuc, le stuc à la chaux et le stuc fait avec du plâtre :

Le *stuc à la chaux* s'obtient en mêlant la chaux éteinte avec d'autres matières pulvérulentes qui, en général, sont le marbre blanc, ou toute autre matière blanche dure. Pour faire du bon stuc à la chaux, on prend des pierres de cette matière qui soient de la meilleure qualité possible. On éteint cette chaux et on la mêle ensuite avec la quantité de poudre de marbre blanc reconnue nécessaire.

Le stuc fait avec du plâtre ne résiste pas à l'humidité et aux intempéries de l'air ; mais employé dans l'intérieur des maisons, il résiste très bien, et il a, sous plusieurs rapports, des avantages sur le stuc à la chaux.

Il devient plus dur, peut être coloré de diverses couleurs, et enfin est susceptible d'un très-beau poli.

Pour l'obtenir, on prend de la pierre à plâtre d'excellente qualité, on la fait cuire dans un four analogue à un four à cuire le pain. Au sortir du four, le plâtre est pulvérisé et tamisé.

Ce plâtre est ensuite gâché avec de l'eau dans laquelle on a fait dissoudre de la colle forte et à laquelle on ajoute souvent de la colle de poisson ou de la gomme arabique. Si le stuc doit imiter du marbre coloré, on met les couleurs dans l'eau collée, qui doit être chaude,

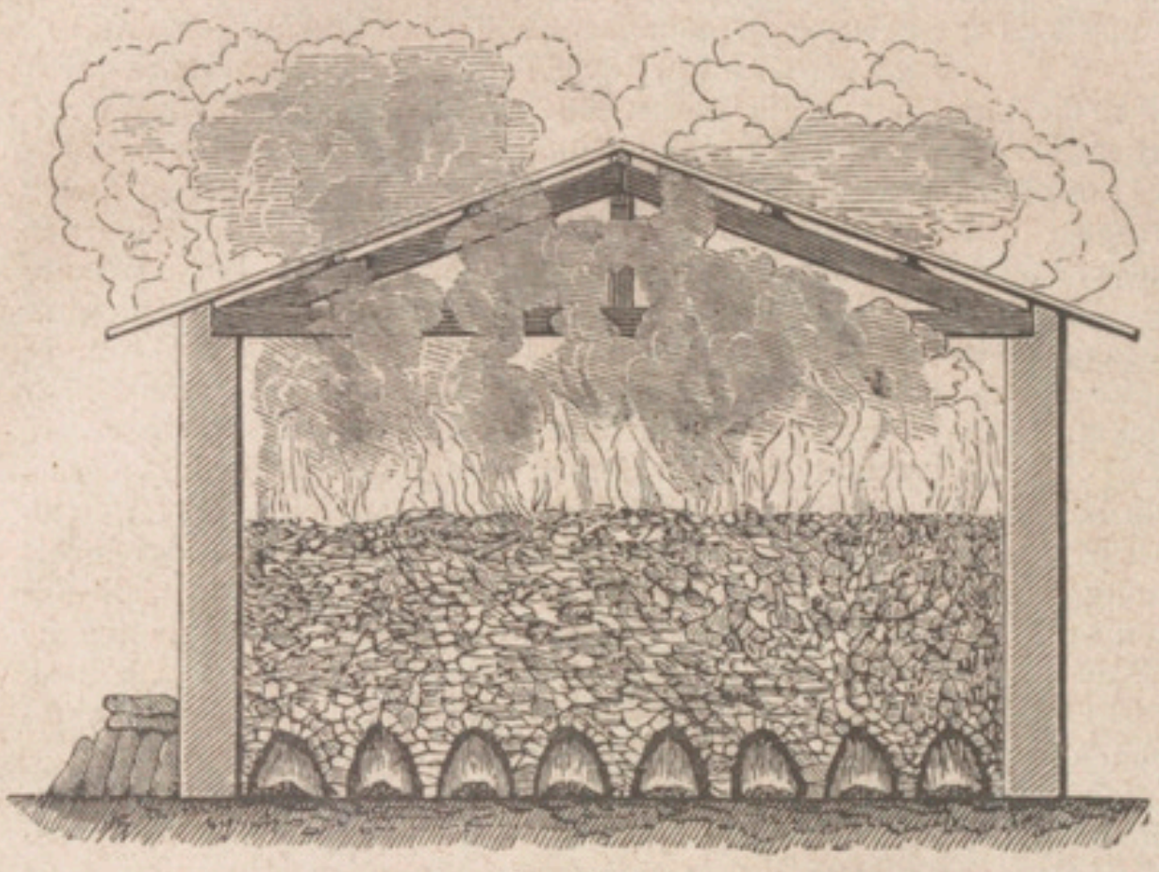


Fig. 2030.

afin que le plâtre ne durcisse pas trop vite.

On étend le stuc en plâtre de la même manière que les autres enduits. Lorsque les ouvrages de stuc doivent avoir beaucoup de relief, comme des chapiteaux, des corniches, etc., etc., on commence par en faire l'ébauche ainsi qu'il suit: On fixe, dans la surface sur laquelle l'ouvrage doit être placé, des clous que l'on laisse saillir plus ou moins suivant l'épaisseur que le relief doit avoir, on mouille la place où sont les ferrements, puis on couvre cette surface de bon plâtre en lui faisant prendre la forme que doit avoir l'ouvrage. On donne ainsi trois couches successives de plâtre pour terminer l'ébauche. Quand l'ébauche est terminée, on l'humecte avec de l'eau, ensuite on applique le stuc. Quand l'ouvrage est sec, on le polit d'abord avec une pierre à aiguiser dont le grain est très-fin, on frotte l'enduit avec la pierre que l'on tient d'une main, et de l'autre on tient une éponge imbibée d'eau avec laquelle on nettoie l'endroit que l'on vient de frotter. On donne le dernier poli avec un morceau de feutre imbibée d'huile et de tripoli en poudre; enfin on termine avec le morceau de feutre imbibé d'huile seulement.

Lorsque l'on veut imiter des marbres diversement colorés, on a de petits vases renfermant de l'eau collée dans laquelle on détrempe une couleur particulière; on gâche ensuite, avec chacune de ces eaux, une petite quantité de plâtre dont on forme une galette; toutes ces galettes sont placées les unes au-dessus des autres, à mesure qu'elles sont formées; on coupe ensuite la pile par tranches qu'on applique de suite sur la surface que doit recouvrir l'enduit.

Dans ces derniers temps, on est parvenu à représenter des paysages au moyen de stuc. Pour cela, on prépare le fond sur lequel doit être placé le paysage; puis, sur ce fond, on place un papier sur lequel les contours du dessin sont marqués par des trous d'épingle. On prend ensuite de la poudre d'une couleur différente de celle du fond, et on ponce le papier; on obtient ainsi le contour du dessin. On enlève, avec de petits outils, la matière qui se trouve dans l'intérieur du contour, à une profondeur de 3 à 4 millimètres; on détrempe ensuite plusieurs couleurs dans l'eau collée; on gâche un peu de plâtre avec ces eaux, dans le creux de la main, et on l'applique en quantité suffisante sur la partie du creux du tableau qui doit avoir cette teinte.

PLATRE-CIMENT. Nom donné au *ciment romain*. Voyez MORTIER.

PLIAGE du PAPIER. L'imprimerie typographique imprimant les livres, non par pages, mais par feuilles, il faut plier celles-ci, formées de pages convenablement disposées lors de leur imposition (Voy. IMPRIMERIE), pour en former des cahiers et ensuite les réunir en volumes. C'est ce qui est l'objet de l'industrie du brocheur.

Le pliage des feuilles diffère selon le *format*, ce qui s'entend non de la grandeur, mais du nombre de pages que contient la feuille.

Le côté de la feuille imprimée où se trouve la page 1 s'appelle *côté de première*, celui où se trouvent les pages 2 et 3 s'appelle *côté de seconde*.

Pour plier une feuille on met toujours le côté de première en dessous, la page 1 sous la main gauche, par conséquent le côté de seconde en dessus, et la page 2 également sous la main gauche.

Pour l'*in-folio*, il suffit d'abaisser de droite à gauche le folio de la page 3 sur celui de la page 2 bien exactement, et de plier la feuille par le milieu. Si le registre est bien fait, les lignes des quatre pages doivent tomber l'une sur l'autre, ombre sur ombre, et le pli doit partager les trous de pointures.

Dans l'*in-quarto*, la page 2 se trouve bien à gauche, mais non positivement sous la main. On abaisse d'abord de droite à gauche 3 sur 2, ensuite, du haut en bas, 4 sur 5.

Dans l'*in-octavo*, la page 2 est sous la main gauche. On abaisse d'abord de droite à gauche 3 sur 2; ensuite, de haut en bas, 12 sur 13, puis on fait faire lestement au cahier un quart de conversion, par lequel la 8 se trouve en haut, et on abaisse cette page 8 sur la 9. Cette conversion se fait pour faciliter le pliage, qui se ferait mal en abaissant de gauche à droite; les deux bras se croiseraient pour former le pli.

Dans l'*in-douze*, la page 2 est à gauche, mais en haut. On abaisse, de droite à gauche, seulement le tiers de la feuille, non folio sur folio, cela ne se peut, mais on se guide sur les pointures pour que le pli les partage, et on coupe. Il y a des imprimeurs soigneux qui mettent des petits filets dans les garnitures pour indiquer la coupure des feuilletons, alors on se guide sur ces filets. Abaissez de haut en bas 10 sur 11, faites la volte de bas en haut, de manière que 12 et 13 se trouvent à découvert, et abaissez de haut en bas 12 sur 13. Mettez à part.

Venant ensuite au grand carton, vous lui faites faire un quart de conversion, de manière à ce que la 2 se trouve sous la main gauche, et vous pliez comme une feuille in 8°. Enfin vous encartez le petit cahier dans le grand, entre les pages 8 et 17.

Il y a des impositions in-12, où le petit cahier ne s'encarte pas; il se met à la suite du grand; mais le pliage est le même.

Dans l'*in-dix-huit*, la page 2 est sous la main gauche. On abat de droite à gauche seulement le tiers de la feuille, 25 sur 24, et on coupe.

Faites faire un quart de conversion à ce tiers, pour que la page 26 se trouve à gauche et en haut. Abaissez de droite à gauche le tiers de ce feuilleton, non folio

sur folio, cela ne se peut, mais de manière à ménager en tête une marge égale à la moitié des têtières. En pareil cas, les imprimeurs soigneux mettent des *guides* dans les garnitures et on plie dessus. Coupez ce petit carton. Abaissez de haut en bas 30 sur 31, et mettez à part. Pliez l'autre partie comme un in-4°, et encartez le petit dans le grand carton; mettez à part, la signature en dessus.

Procédez de même pour le second feuilleton, et mettez à part sur le précédent.

Faites faire conversion au dernier feuilleton, et procédez comme aux précédents. Mettez à part sur les deux autres, alors les folios de tous les trois se suivent.

L'*in-seize* se coupe d'abord en petits cartons qui représentent autant de feuilles in-4° et se plient selon ce format.

L'*in-vingt-quatre* se réduit également en petites feuilles in-12, qui se plient selon ce format.

L'*in-trente-deux* se réduit aussi en petites feuilles in-8°, qui se plient selon ce format.

PLIAGE *et métrage des étoffes.* Dans les fabriques de tissus, le métrage des pièces d'étoffes se fait au moyen de deux longues aiguilles, placées à la distance de la mesure que l'on veut adopter pour unité. L'ouvrier accroche l'étoffe à chaque pli dans ces aiguilles, en perçant la lisière et en comptant le nombre de plis qu'il forme ainsi, pour savoir la longueur de la pièce. Ce moyen a le triple inconvénient de percer les lisières de trous plus ou moins grands, qui déprécient beaucoup la marchandise; de rendre les derniers plis moins longs que les premiers, puisque les aiguilles se courbent et cèdent au poids et à la tension de l'étoffe, ce qui produit un métrage inégal; et, enfin, d'être exposé à des erreurs, puisque le nombre de plis est simplement compté par l'ouvrier, sans aucun contrôle mécanique.

La machine à métrer, dite *rectomètre*, inventée par M. Mannier de Wesserling, remplace les aiguilles de l'ancien appareil par deux règles en fer, parfaitement parallèles, fixées par un support en fonte contre un plateau en bois, à la distance exacte que doit avoir la longueur de chaque pli de la pièce à métrer. Ces règles parallèles portent des coulants, ou lames en laiton, armés de petites pointes en acier, qui retiennent chaque pli sans percer la lisière de trous. Ces lames en laiton sont numérotées de manière à ce que tous les nombres pairs se trouvent d'un côté et les nombres impairs de l'autre. Chaque pli porte ainsi son numéro, et, arrivé au dernier, l'ouvrier peut lire sur la plaque le nombre de plis qu'il a formés. Si même, par inadvertance, il avait sauté l'une des plaques, il reconnaitrait son erreur, en voyant qu'une plaque vide reste entre les plis de l'étoffe, ou en reconnaissant que les nombres restants des deux côtés ne se suivent plus. Les plis de la pièce ainsi formés sont parfaitement réguliers et se dégagent très-facilement de l'appareil, en faisant faire à l'une des règles un quart de tour, pour incliner les plaques de laiton à l'aide d'un levier, qui sert à les retenir dans la position voulue.

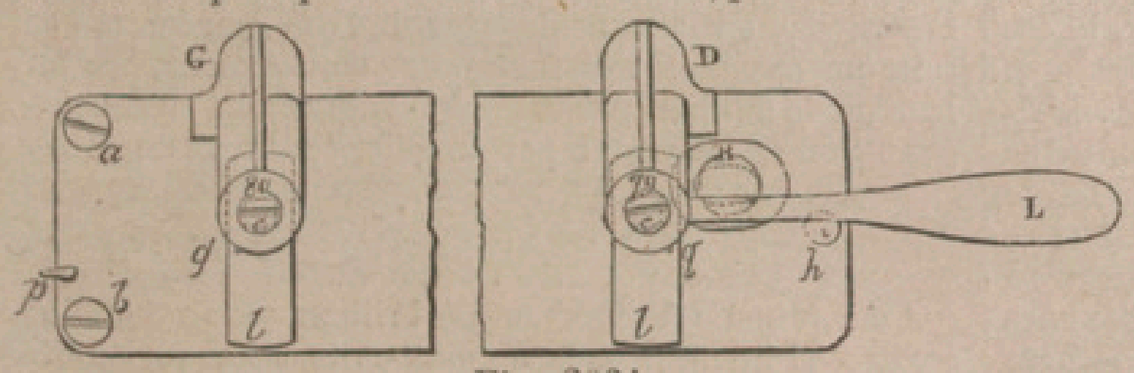


Fig. 2031.

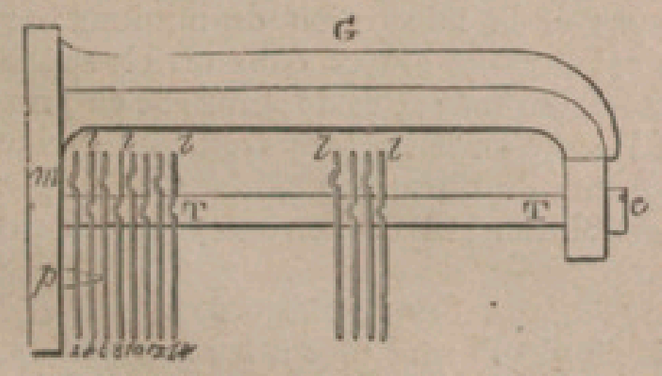


Fig. 2032.

Un ouvrier peut métrer avec cet instrument, par heure, neuf pièces de percale, de 50 à 60 mètres chaque.

Les vues de profil, fig. 2031, et de face, fig. 2032, représentent cet instrument. Il se compose de deux parties G et D, fixées sur une même planchette horizontale, l'une G, à gauche, l'autre D, à droite; la première par les deux vis *a* et *b*, la seconde, par le boulon B, qui pénètre dans une fente, dans laquelle il est fixé par une pression. Chaque partie G et D se compose d'un support en fonte, représenté pour G de face et latéralement, en détail, figure 2032. Une tringle en fer carrée T T est soutenue par le support en *m* et en *c*. Pour la partie G, *m* est un carré qui assure la stabilité de la tringle : *c* est une vis qui fixe l'autre extrémité. Pour la partie D, *m* est cylindrique, de sorte que la tringle T T peut tourner autour de son axe, à l'aide d'un levier L, qui est maintenu dans la position horizontale par la cheville mobile *h*. Sur les deux tringles T T, glissent des lames en laiton *l*, numérotées, celles de gauche de 2 à 80, celles de droite de 1 à 79 (les premières représentant la série des nombres pairs, et la deuxième, celle des nombres impairs). Chaque lame est percée d'un trou rectangulaire, ayant horizontalement l'épaisseur de la tringle et verticalement cette dimension augmentée de 2 millimètres environ : par cette disposition, la lame peut glisser librement sur la tringle, en conservant sa position verticale. Chaque lame est munie d'une pointe *q* en acier, correspondant à une ouverture circulaire qui permet le placement et le déplacement de la pointe. Enfin, de petits refoulements, opérés près d'une des arêtes des lames, forment de légères saillies qui s'opposent au contact immédiat des lames, et rendent plus facile l'usage auquel elles sont destinées. Un crochet *p* se trouve sur le support de gauche, en ligne avec les pointes des lames.

Supposons maintenant qu'il soit proposé de mesurer des étoffes par plis de 1 mètre. Le support G étant fixé sur le bâtis horizontal, au moyen des vis *a* et *b*, on fixera à sa droite le support D, au moyen du boulon B, de manière à ce qu'il y ait une distance de 1 mètre entre les arêtes extérieures des lames. La fente dans laquelle glisse le boulon B rend cette opération très-facile. Le levier L est maintenu horizontalement par la cheville *h*, de sorte que, de part et d'autre, les lames sont verticales. On fait glisser les lames sur chaque tringle, de manière à les porter en avant vers la vis *c* et à laisser libre l'espace postérieur. Alors on fixe au crochet *p* l'extrémité de la lisière; on tient cette lisière de la main droite, on la tend vers D, et bientôt on dépasse la lame n° 1; on détache cette lame des autres au moyen de la main gauche, en la faisant glisser sur la tringle jusqu'à ce qu'elle s'appuie sur l'étoffe; alors on fait revenir la lisière en avant de la lame, en l'appuyant sur son arête extérieure, avec laquelle elle se trouve fixée par la pointe *q*; puis on revient à gauche, s'appuyer sur le premier pli.

On détache la lame n° 2, que l'on fait glisser jusqu'à ce qu'elle rencontre l'étoffe; on fait revenir la lisière en avant de cette lame, comme on l'a fait pour le n° 1, et ainsi de suite.

Pour détacher l'étoffe, on enlève la cheville *h*, le levier L descend, en inclinant les lames de D vers la gauche, et rien ne s'oppose à ce que l'on fasse glisser les plis, qui sont d'ailleurs maintenus par l'ouvrier.

PLOMB (*angl.* lead, *all.* bley). Le plomb est un métal connu dès la plus haute antiquité; il est d'un blanc bleuâtre, très-éclatant lorsqu'il vient d'être râclé. Il n'a presque pas de saveur, mais il possède une odeur particulière assez prononcée; il est très-mou, se laisse rayer par l'ongle, et tache en gris bleuâtre, par le frottement, les corps durs et le papier. Il est malléable et ductile, c'est un corps éminemment plastique; il peut être réduit en feuilles très-minces au laminoir ou au marteau. Sa ténacité est très-faible, et il se rompt sous un poids de 2ᵏ,85 par centimètre carré de section. Sa densité est de 11,445. Son point de fusion varie de 326° à 340°, suivant sa pureté. A la température d'un feu de forge (130° du pyromètre de Wedgwood) et dans un creuset brasqué, il s'en volatilise 1/10ᵉ dans une heure. Il se ternit promptement au contact de l'air et se recouvre d'un pellicule noirâtre qui forme vernis, et qui est regardée par Berzélius comme un sous-oxyde. Chauffé jusqu'à fusion, le plomb se recouvre d'abord d'une pellicule irisée d'oxyde, puis les couleurs disparaissent, et on voit surnager sur le bain de l'oxyde jaune pulvérulent; lorsque la chaleur est portée au rouge, l'oxyde lui-même se fond, le plomb s'oxyde très-rapidement et répand dans l'atmosphère des vapeurs qui brûlent avec une flamme d'un blanc livide, et qui sont connues sous le nom de fumées de plomb. Le plomb fondu au contact de l'air, à une température élevée, paraît pouvoir absorber une faible quantité de l'oxyde qui se forme alors à la surface et devenir très-cassant. Le plomb ne décompose sensiblement la vapeur d'eau qu'à la chaleur blanche. L'acide chlorhydrique concentré et bouillant l'attaque à peine; il décompose au rouge cet acide à l'état gazeux. L'acide sulfurique ne l'attaque que lorsqu'il est concentré et bouillant, et engendre alors un sulfate insoluble. L'acide nitrique et l'eau régale le dissolvent avec la plus grande facilité, même à froid et étendus. Le plomb s'oxyde facilement au contact de l'air, en présence des acides les plus faibles, et même de l'eau; il se recouvre dans ce dernier cas d'une pellicule blanchâtre d'hydrate d'oxyde, qui est légèrement soluble dans l'eau et lui communique une saveur un peu sucrée, et la propriété de devenir laiteuse au contact prolongé de l'air en donnant lieu à un précipité de carbonate de plomb. On peut faire cristalliser cet hydrate d'oxyde dans le vide; lorsque l'eau renferme une très-faible proportion de matières salines, comme l'eau de source ou de puits, l'hydrate de plomb ne s'y dissout plus sensiblement. Le plomb s'attaque très-bien, par voie sèche, par le nitre. Il se combine facilement avec tous les gazolites, excepté l'hydrogène, le bore, le silicium et le carbone. Il s'allie avec presque tous les métaux, le fer excepté; allié avec l'antimoine et un peu d'étain il forme les caractères d'imprimerie, le pewter, etc. L'alliage de 2 parties de plomb et 1 partie d'étain constitue la soudure des plombiers; l'alliage à parties égales de plomb et d'étain forme la soudure des ferblantiers; ce dernier alliage est très-combustible, et donne, lorsqu'on le chauffe au rouge, un mélange ou combinaison d'oxydes de plomb et d'étain, connu dans les arts sous le nom de *potée d'étain*, et qui est employé pour polir et préparer les émaux. Les alliages triples de plomb, d'étain, de bismuth, sont très-fusibles, et sont connus sous le nom d'*alliages fusibles*. Enfin le plomb a une grande affinité pour l'or et l'argent, et on utilise dans les arts cette propriété pour séparer ces derniers métaux des matières terreuses ou ferreuses qui les accompagnent; on les sépare ensuite du plomb par la *coupellation* (voyez ARGENT).

Oxydes de plomb.

On connaît deux oxydes de plomb, le protoxyde (litharge ou massicot) et le deutoxyde ou oxyde puce. Quelques personnes regardent le minium comme un oxyde particulier. Ces oxydes sont facilement réduits par l'hydrogène, le charbon, les corps combustibles, le soufre, etc., et par les métaux très-oxydables.

Lorsqu'on fond du plomb à une basse température au contact de l'air, il se recouvre d'une matière pulvérulente jaune qui est du *protoxyde de plomb* ou *massicot*. Si on élève la température, l'oxyde de plomb fond et porte alors plus spécialement le nom de litharge; il est alors vitreux ou en paillettes cristallines, jaune ou rougeâtre, d'où vient dans le commerce la distinction des litharges en *litharges jaunes* et *litharges rouges*; ces dernières doivent leur couleur à l'absorption d'une faible quantité d'oxygène pendant leur refroidissement. Elles ont une valeur commerciale notablement supérieure à celle des litharges jaunes. On les produit aisément dans les usines à plomb en faisant couler la litharge en fusion dans de grands creusets où elle se trouva en grandes masses, que l'on soumet à un refroidissement spontané et très-lent. Si, au contraire, on laisse couler la litharge en filets minces qui se solidifient presque instantanément, on obtient presque toujours des litharges jaunes; il n'y a alors d'autre moyen de transformer celles-ci en litharges rouges, que de les pulvériser et de les placer en couches minces sur une plaque de tôle, que l'on chauffe jusqu'au rouge sombre très-faible, au contact de l'air, sans atteindre le point de fusion, et que l'on laisse ensuite refroidir lentement.

Le protoxyde de plomb ainsi obtenu est très-légèrement soluble dans l'eau distillée. C'est une des bases métalliques les plus énergiques. Lorsqu'on le chauffe avec du sulfure de plomb, il se dégage de l'acide sulfureux, et tout le plomb est ramené à l'état métallique. C'est un oxydant énergique et très-employé dans les arts; c'est par oxydation, par exemple, qu'il agit dans la préparation des huiles siccatives.

Le protoxyde de plomb se combine aisément, par voie sèche et par voie humide, avec les alcalis caustiques et les terres alcalines; plusieurs de ces combinaisons sont même solubles et cristallisables. Par voie sèche, l'oxyde de plomb se combine avec la plupart des oxydes métalliques, en donnant naissance à des composés fusibles. Il fond aisément avec la silice en donnant un verre incolore; cette propriété sert de base à la fabrication des cristaux, comme nous le verrons au mot VERRE.

Le protoxyde de plomb se compose de :

Plomb.	0,93	PbO.
Oxygène.	0,07	

Il forme avec l'eau un hydrate blanc dont nous avons parlé plus haut.

Le *peroxyde de plomb* ou *oxyde puce* est de couleur puce foncée; chauffé au rouge, il se réduit à l'état de protoxyde, en laissant dégager de l'oxygène; c'est par suite un oxydant très-énergique. On l'obtient, soit en traitant le minium par l'acide nitrique, soit en décomposant un sel de plomb par un chlorite alcalin en excès. Il se compose de:

Plomb.	0,867	PbO².
Oxygène.	0,133	

Le *minium* est d'un rouge brillant plus ou moins orangé. Il prend le nom de *mine-orange* lorsqu'il a été préparé au moyen de carbonate de plomb. Nous ne parlerons pas de la fabrication du minium, qui a déjà fait dans cet ouvrage l'objet d'un article spécial. C'est un composé de protoxyde et de peroxyde en proportions variables. Lorsqu'on le traite à froid par l'acide nitrique, il se forme du nitrate de protoxyde de plomb qui entre en dissolution, et de l'oxyde puce qui reste sans se dissoudre.

Sels de plomb.

Les sels de plomb sont tous à base de protoxyde; ils sont en général incolores. Les alcalis fixes forment dans leurs dissolutions un précipité blanc, gélatineux, soluble dans un excès de réactif; les carbonates alcalins y forment des précipités blancs, grenus, insolubles

dans un excès de réactif. L'acide sulfurique et les sulfates en précipitent le plomb, même en présence de matières organiques, à l'état de sulfate blanc, grenu et très-lourd, soluble seulement dans l'acide hydrochlorique. Les phosphates et les arséniates y forment des précipités blancs solubles dans l'acide nitrique. Les oxalates les précipitent en blanc. L'acide hydrochlorique et les chlorures donnent, dans les dissolutions concentrées, des précipités cristallins de chlorure de plomb. Les chlorites alcalins en précipitent de l'oxyde puce. Le prussiate jaune les précipite en blanc; le prussiate rouge ne les trouble pas. Les iodures alcalins y forment des précipités jaunes écailleux, solubles dans un excès d'iodure. Le chromate de potasse y produit des précipités grenus d'un très-beau jaune. L'hydrogène sulfuré y forme un précipité de sulfure noir insoluble dans un excès d'hydro-sulfate. Enfin, le fer et le zinc, plongés dans une dissolution de plomb, en précipitent ce métal à l'état de lamelles métalliques très-brillantes (l'*arbre de Saturne* s'obtient en prenant une dissolution d'acétate de plomb ou sel de Saturne, et la précipitant par un morceau de zinc auquel sont fixées de petites branches de fil de zinc, ou même de laiton). Les principaux composés et sels de plomb sont les suivants :

Sulfure. Le sulfure de plomb se trouve dans la nature. Il est alors généralement d'un gris bleuâtre métallique très-éclatant, fragile, cristallisant dans le système régulier, avec trois clivages rectangulaires, et ayant une densité = 7.585. Il est très-fusible, mais moins que le plomb, et plus volatil. Fondu, il traverse très-rapidement les creusets de terre, mais sans les attaquer comme la litharge. Par le grillage, il se transforme en un mélange d'oxyde et de sulfate. L'acide nitrique étendu le dissout; l'acide nitrique concentré et bouillant le transforme en sulfate insoluble. L'acide hydrochlorique ne l'attaque que difficilement, et lorsqu'il est concentré et bouillant. A la température de 50° pyrométriques, le sulfure de plomb est complétement décomposé par le fer, le cuivre, l'antimoine, l'étain et le zinc. Fondu avec le plomb, il donne un sous-sulfure de même aspect que le sulfure, moins fragile, demi-ductile, plus fusible et moins volatil. Il a beaucoup de tendance à former des sulfures doubles. Par voie sèche, les alcalis caustiques et les carbonates alcalins le ramènent partiellement à l'état métallique; lorsqu'on ajoute en outre une certaine quantité de charbon, il peut être complétement réduit. Le nitre, employé en proportions convenables, le ramène complétement à l'état métallique. Lorsqu'on le chauffe avec de l'oxyde ou du sulfate de plomb, il se dégage de l'acide sulfureux et il se forme du plomb métallique. Le sulfure de plomb est composé de :

Plomb.	0,8655	PbS.
Soufre.	0,1345	

On prépare le sulfure de plomb par voie humide, en précipitant un sel de plomb par l'hydrogène sulfuré; en cet état, il est noir et se convertit très-rapidement en sulfate au contact de l'air.

Sulfate. Le sulfate de plomb est blanc, grenu et très-pesant; il est insoluble dans l'eau et la plupart des acides; l'acide hydrochlorique le dissout en le transformant en chlorure. C'est un oxydant énergique par voie sèche.

Séleniure. A beaucoup d'analogies avec le sulfure.

Chloro-phosphate. Se trouve dans la nature.

Nitrate. Très-soluble, cristallise facilement, et est employé comme oxydant très-énergique par voie sèche.

Chlorure. Le chlorure de plomb est d'un blanc satiné, cristallise aisément en aiguilles ou en écailles nacrées; il est assez peu soluble dans l'eau, davantage dans l'acide hydrochlorique, et tout à fait insoluble dans l'alcool à 25°. Il se fond très-aisément en une masse d'un blanc perlé, translucide comme la corne, et se vaporise à la chaleur rouge en répandant d'épaisses fumées blanches. Il se compose de :

Plomb.	0,854	$PbCl^2$.
Chlore.	0,146	

Il se combine en toutes proportions avec l'oxyde de plomb, en formant des oxy-chlorures jaunes; l'un d'eux, que l'on obtient en chauffant 10 parties de litharge avec 7 p. de sel ammoniac, ou en formant une bouillie de 4 p. de litharge et 1 p. de sel marin, laissant réagir quelques jours et soumettant ensuite à une calcination modérée, est employé en peinture sous le nom de *jaune de Turner*, son inventeur.

Carbonate. Le carbonate de plomb est blanc, pulvérulent, insoluble dans l'eau. Il est très-employé dans les arts sous le nom de *blanc de plomb* ou de *céruse*. Nous avons décrit sa préparation à l'article CÉRUSE.

Oxalate. L'oxalate est blanc, pulvérulent et insoluble dans l'eau.

Acétates. L'acide acétique forme avec le plomb plusieurs combinaisons très-employées dans les arts, et surtout pour la fabrication de l'acétate d'alumine et du carbonate de plomb: nous en avons parlé avec détails à l'article ACÉTATES.

Chromates. Les chromates de plomb sont employés pour obtenir diverses nuances de jaune dans la teinture et la peinture. Ils sont insolubles et se préparent par double décomposition (voyez CHROMATES).

Minerais.

Les minerais de plomb se trouvent dans presque tous les terrains, mais surtout, soit dans les calcaires et la grauwacke des terrains de transition, soit dans les grès et calcaires qui recouvrent immédiatement le terrain houiller, soit dans le muschelkalk, soit enfin dans les arkoses ou grès feldspathiques, qui se trouvent à la base du terrain jurassique. Ces minerais sont très-nombreux et généralement associés ensemble; nous ne citerons que les suivants, qui se trouvent seuls en quantité suffisante pour constituer des minerais proprement dits.

Galène. La galène ou sulfure de plomb, dont nous avons déjà décrit les caractères plus haut, est de beaucoup le plus abondant des minerais de plomb. Elle est le plus souvent lamellaire, quelquefois, mais rarement, compacte, à cassure lisse ou grenue. Elle renferme presque toujours une faible proportion d'argent, ordinairement, 0,0001 à 0,0030. Pure, elle contient 0,86 de plomb. Elle est souvent antimoniale. Outre la fabrication du plomb, la galène est employée à l'état naturel, sous le nom d'*alquifoux*, pour vernisser les poteries communes (voyez POTERIES).

Le traitement produisant beaucoup d'acide sulfureux fait penser à l'emploi des pyrites de fer, pour la fabrication de l'acide sulfurique. Au besoin la galène pourrait être utilisée d'une manière analogue.

Séleniure. Présente le même aspect que la galène, et ne peut en être distingué que par un essai.

Sulfate. Cristallisé, incolore; assez rare.

Chloro-phosphate. Assez commun. Il est ordinairement cristallisé en prismes hexaèdres réguliers, jaunes, jaunes verdâtres, vert d'herbe ou bruns, présentant un éclat gras adamantin.

Chloro-arséniate. Présente les mêmes caractères que le précédent; il est le plus souvent d'un jaune de cire.

Carbonate. Après la galène, le carbonate de plomb ou *plomb blanc* est le plus répandu des minerais de plomb. Il est blanc, transparent, lourd, et a un éclat adamantin ou un reflet nacré; il cristallise en prismes tétraèdres allongés ou en aiguilles.

Chromate. Le chromate de plomb ou *plomb rouge* vient de Sibérie. Il était autrefois fort recherché à cause de son emploi en peinture : mais actuellement on le prépare de toutes pièces au moyen de l'acétate de plomb et du chromate de potasse, que l'on fabrique avec le fer chromé ou chromite de fer.

Essai des matières plombeuses.

Sous le rapport de l'essai par voie sèche des matières plombeuses, nous rangerons ces matières en trois classes :

1re *classe*. Matières plombeuses ne renfermant ni soufre, ni sélénium, ni arsenic. Ce sont les litharges, abstrichs, abzugs, fonds de coupelle, fumées, carbonate natif, chloro-phosphate, scories de plomb, etc.

L'essai est très-simple et se réduit à fondre la matière avec un mélange d'un réductif et d'un flux alcalin, 3 à 4 parties de flux noir, par exemple.

2e *classe*. Matières plombeuses sulfurées : les sulfures, c'est-à-dire la galène et les mattes, et les séléniures.

Autrefois on grillait le sulfure, puis on faisait l'essai comme pour les matières de la première classe, mais ce mode d'essai est actuellement abandonné, comme plus long et moins exact que les autres.

On fait souvent l'essai en mettant dans un scorificatoire, au fourneau à moufle, 4 parties de carbonate de soude et 1 partie de la matière à essayer, chauffant lentement et graduellement jusqu'à ce que la matière devienne parfaitement liquide, puis retirant le scorificatoire, le laissant refroidir, et le cassant pour retirer le culot de plomb. On peut opérer dans un creuset, au fourneau de calcination, pourvu qu'on ait l'attention de laisser le creuset découvert. Au lieu du carbonate de soude, on peut employer du flux noir; l'essai se fait alors dans des creusets, parce qu'il n'exige pas le contact de l'air.

Nous avons vu que l'on peut réduire complétement la galène en employant 25 à 30 pour 100 de fer métallique, mais comme le sulfure de fer qui se forme exige une température assez élevée pour se fondre, et que la matière à essayer peut renfermer une proportion plus ou moins grande de gangues pierreuses, il est préférable d'employer un mélange de fer et de carbonate de soude, qui sert de fondant, et qui donne naissance, en outre, à un sulfure double de fer et de sodium beaucoup plus fusible que le sulfure de fer. On ajoute 1/2 à 2 parties de carbonate de soude, suivant qu'il y a moins ou plus de gangue, et 0,10 à 0,30 de fer en fils ou en petits clous, suivant qu'il y a plus ou moins de carbonate de soude. Il est encore plus commode de fondre, dans un creuset de fer ou de fonte, la matière mélangée seulement avec du flux noir ou du carbonate de soude, puis, aussitôt que la fusion est complète, on coule le tout dans une lingotière; on laisse refroidir, et on sépare aisément le culot de plomb de la scorie qui le recouvre. Ce dernier moyen d'essai est de beaucoup le plus exact et le plus commode.

Enfin, lorsque le plomb obtenu par l'essai doit être subséquemment essayé pour argent, on essaye le plus souvent la galène en la fondant avec 2 parties de carbonate de soude et 0,30 à 0,40 de nitrate de potasse. La fusion a lieu très-rapidement et sans boursouflement; les scories sont très-liquides et ne renferment pas de grenailles. Il n'y a pas d'inconvénient à mettre un peu trop de nitre. Il est vrai qu'alors une partie du plomb s'oxyde et passe dans la scorie, mais l'argent se concentre toujours en entier dans le culot de plomb qui reste.

Pour les galènes antimoniales ou renfermant du sulfure d'antimoine, en les fondant avec 3 ou 4 parties de carbonate de soude seul, ou mélangé d'une quantité convenable de nitre, on obtient du plomb à peu près pur et l'antimoine reste dans la scorie. Si, au contraire, on fond cette matière avec un mélange, en proportions variables, de carbonate de soude et de fer métallique, le culot de plomb obtenu sera cassant et renfermera tout l'antimoine qui se trouvait dans la matière à essayer.

3e *classe*. Matières plombeuses renfermant de l'acide sulfurique, de l'arsenic, etc., comme les sulfates et les arséniates.

L'essai de ces matières se fait très-bien, en les fondant avec du flux noir mélangé de fer métallique, ou avec du flux noir seul, en opérant dans des creusets de fer ou de fonte.

Essai par voie humide des matières renfermant du plomb.

Le procédé employé par M. Flores Domonte pour le dosage du plomb ne diffère de celui imaginé par Pelouze pour doser le cuivre (Voy. CUIVRE), qu'en ce qu'au lieu d'employer l'ammoniaque, qui ne dissout pas l'oxyde de plomb, il se sert d'une dissolution de potasse caustique en excès qui le dissout complétement. L'équivalent du plomb étant beaucoup plus considérable que celui du cuivre, il emploie une dissolution de sulfure de sodium environ trois fois plus étendue que celle indiquée pour le cuivre, et contenant, par conséquent, de 35 à 40 grammes de sulfure de sodium par litre d'eau distillée. On titre cette dissolution toutes les fois qu'on a une série d'essais à faire, et on opère, du reste, absolument comme dans l'essai pour cuivre, à cette différence près qu'on ne peut plus se guider sur la décoloration de la liqueur, mais seulement sur le moment précis où une goutte de réactif ajouté ne produit plus de précipité noir de sulfure de plomb. On obtient ainsi la teneur en plomb à moins de 1 pour 100.

L'étain, l'antimoine et l'arsenic ne donnent lieu à aucune erreur, par la raison qu'ils ne sont pas précipités par le sulfure de sodium en présence d'un grand excès d'alcali. Le fer, le nickel et le cobalt, étant précipités par la potasse, n'altèrent en rien l'exactitude de l'essai. Le zinc se précipite, il est vrai, immédiatement après le plomb; mais son sulfure étant blanc et celui du plomb étant noir, ce changement de couleur est plus facile à saisir que la non précipitation elle-même. Lorsque le plomb se trouve allié au cuivre, le procédé devient un peu plus compliqué : on dose d'abord le cuivre seul par le procédé de Pelouze; on titre la liqueur sulfurée par le procédé de M. Flores Domonté, en employant successivement du plomb pur et un alliage en proportions connues de plomb et de cuivre, ce qui permet de calculer ce qu'il faut de cette seconde dissolution sulfureuse pour précipiter une partie de cuivre pur. On essaye la matière plombo-cuivreuse comme à l'ordinaire; on retranche de la quantité de dissolution sulfureuse le nombre déterminé ci dessus de divisions nécessaires pour précipiter le cuivre seul, et la différence correspond au plomb seul et permet d'en calculer la proportion. Il serait beaucoup plus simple d'employer, dans ce cas, la même dissolution sulfureuse pour doser le cuivre et le plomb, dans les dissolutions ammoniacales et potassiques, si, comme il serait facile de le vérifier, il fallait employer des quantités égales de la même dissolution de sulfure de sodium pour un même poids de cuivre, soit que ce dernier fût en dissolution dans une liqueur ammoniacale, soit qu'il fût à l'état d'oxyde précipité dans la liqueur potassique, ce qui est probable, puisque, même dans ce cas, il doit se sulfurer avant le plomb.

Ce procédé s'applique surtout avec la plus grande facilité à l'acétate et au pyrolignite de plomb, et aux céruses qui sont presque toujours fraudées dans le commerce.

On applique également avec facilité cette méthode aux minerais de plomb, même sulfurés; mais, quoiqu'elle donne des résultats beaucoup plus exacts que les essais par voie sèche, où la perte est encore de 8 à 10 p. 100, elle ne peut les remplacer toutes les fois que l'on veut examiner si ces minerais sont en même temps argentifères, ce qui nous a déterminé à décrire les méthodes d'essai par voie sèche avec quelques détails.

Traitement métallurgique.

Les procédés ou méthodes de traitement des minerais de plomb, quoique très-nombreux, peuvent être tous

rangés en trois classes, qui consistent : 1° à griller le minerai (en majeure partie composé de galène) jusqu'à un certain point, puis à faire réagir l'oxyde et le sulfate de plomb formés pendant le grillage sur le sulfure non décomposé, ce qui donne lieu à un dégagement d'acide sulfureux et à la production de plomb métallique ; 2° à griller complétement le minerai et à le réduire par le charbon ; 3° à réduire le minerai cru, ou partiellement grillé, par le fer.

1re *classe*. Toutes les méthodes de traitement de la première classe ne s'appliquent qu'à des minerais rendant au moins 50 p. 100 de plomb, et s'exécutent exclusivement dans des fours à réverbère, où l'on effectue successivement, et dans le même four, le grillage du minerai et la réaction de l'oxyde et du sulfate formés sur le sulfure non décomposé. On emploie comme combustible du bois ou de la houille, suivant les localités. Nous allons passer rapidement en revue les méthodes de cette classe, usitées dans les principaux centres de production du plomb.

Méthode du Bleiberg. — Le minerai du plomb que l'on traite par cette méthode a été enrichi, autant que possible, par la préparation mécanique, ce qui est permis, parce que la teneur en argent du plomb que donne le minerai, est ordinairement trop faible pour qu'il y ait bénéfice à coupeller le plomb obtenu.

Le four à réverbère qui sert au traitement du minerai de plomb est d'une forme très simple : la sole rectangulaire a $3^m,40$ de long sur $1^m,40$ de large, et se raccorde par des parties circulaires avec la porte de travail, qui a $0^m,32$ en tous sens et est placée à l'une des extrémités du grand axe. La sole est composée d'une assise de maçonnerie, recouverte d'une couche d'argile de $0^m,32$, au-dessus de laquelle vient une épaisseur de $0^m.17$ environ de débris de sole concassés, que l'on réunit et que l'on bat avec des ringards en les soumettant à une haute température. Une sole bien préparée dure de deux à trois semaines ; au bout de ce temps, on en répare et on en renouvelle la partie superficielle. On donne à la surface de la sole une certaine concavité, dont la flèche est au milieu de $0^m,16$, et un peu moindre vers l'extrémité opposée à la porte de travail, pour qu'on puisse facilement y charger et y étendre les schlichs ; on lui donne en outre, vers la porte de travail, une inclinaison sensiblement uniforme de $0^m,18$ par mètre. La chauffe est placée parallèlement à l'un des longs côtés de la sole et règne sur toute sa longueur, mais la grille ne s'étend que sur une longueur de $1^m,58$; l'ouverture par laquelle la flamme pénètre dans le fourneau a également $1^m,58$ de long, et sa hauteur est de $0^m,16$; la flamme se rend ensuite dans le rampant placé près de la porte de travail, et de là dans la cheminée, dont la section intérieure a $0^m,40$ de côté. La pente de la chauffe est d'environ $0^m,25$ par mètre ; on n'y brûle que du bois. La chauffe et la sole sont recouvertes par une même voûte cylindrique surbaissée, placée à $0^m,35$ ou $0^m,40$ au-dessus du milieu de la sole, et à $0^m,16$ au-dessus de l'autel.

Chaque opération se compose de trois parties : le grillage, le brassage et le ressuage.

1° *Grillage*. L'opération précédente étant terminée, on laisse refroidir le fourneau pendant un quart d'heure, puis on charge par la porte de travail de 210 à 240k de minerai préparé ou schlich, que l'on répand uniformément sur la sole ; on maintient la chaleur au rouge obscur pour éviter de fondre le sulfure, et cette température doit être d'autant plus basse que le sulfure est plus pur, parce que les gangues étant très peu fusibles ou infusibles, diminuent la tendance à la fusion. Toutes les demi-heures on remue le schlich avec un long râble, dont le manche s'appuie sur un crochet attaché à une chaîne. Cette première opération dure environ trois heures.

2° *Brassage*. A mesure que le grillage avance, on élève graduellement la température, ce qui n'a pas d'inconvénient, parce que la fusibilité de la matière diminue à mesure qu'elle s'oxyde ; en outre, l'oxyde et le sulfate formés réagissent sur le sulfure non décomposé, et il se forme du plomb qui coule sur la sole et vient tomber dans un bassin ou lingotière en fer placé en avant de la porte de travail. L'ouvrier remue fréquemment en étalant le minerai, puis le ramenant en un seul tas ; vers la fin, il le pousse au fond du fourneau, où la température est la plus élevée, et il garnit la porte de travail de bois enflammé. Lorsque, malgré le brassage, il ne coule plus de plomb, l'ouvrier retire les résidus ou crasses riches, et passe une nouvelle charge de schlich qu'il traite comme la première. L'ensemble de ces opérations, depuis le commencement de la première charge, est de quinze heures environ ;

3° *Ressuage*. On traite à la fois les crasses riches de deux charges successives ; à cet effet, après le brassage de la seconde charge, on remet sur la sole les crasses riches du premier fondage, et on répand par dessus le tout quelques pelletées de charbon que l'on prend dans la chauffe, ou même quelques bûches enflammées ; l'ouvrier mélange le tout pour réduire les oxy-sulfures, le pousse au fond du fourneau, active le feu, et bouche la porte de travail avec des bûches enflammées. Le plomb coule et, lorsqu'il cesse de paraître, l'ouvrier étend de nouveau le tas sur la sole pour opérer un grillage, après lequel il ajoute de nouveau du charbon et remet le tout en tas ; il continue ces alternatives de réduction et d'oxydation jusqu'à ce qu'il n'obtienne plus de plomb, ce qui arrive au bout de sept heures environ, et donne en tout vingt-trois heures pour l'ensemble de deux charges, ou pour la durée d'un poste, pendant lequel le travail est fait par un seul et même ouvrier. Lorsque l'opération est terminée, on retire les crasses pauvres qui restent sur la sole, on les bocarde, on les lave, et les schlichs qu'elles donnent sont repassées dans le fourneau avec le minerai cru. Le plomb obtenu est purifié par liquation, en le remettant sur la sole après l'élaboration du schlich, puis en le brassant avec un peu de fraisil dans la lingotière où il retombe, écumant et le coulant en lingots ou saumons. On produit seulement par vingt-quatre heures 135 à 140k de plomb.

Le rendement que l'on obtient est moyennement comme suit :

Teneur à l'essai.	Rendement en grand.	Perte.
0,82	0,80	0,02
0,80	0,77	0,03
0,70	8,62	0,08
0,60	0,47	0,13

La perte en plomb est proportionnellement très faible relativement à celle que donnent les autres méthodes, lorsqu'on traite des minerais renfermant 0,65 de plomb et au-dessus.

Les frais de traitement sont, ainsi qu'il suit, par q. m. de schlich traité :

	fr. c.
Bois, 1/2 stère	1 00
Fer des outils.	0 10
Main d'œuvre (1/2 journée de 12 heures).	0 90
Frais généraux.	1 00
	3 00

et par q. m. de plomb obtenu, de 4 fr. 52 c.

Depuis quelque temps on a remplacé, dans certaines localités, le fourneau à une sole du Bleiberg par un fourneau à deux soles superposées, dont la supérieure est chauffée par les flammes perdues de l'autre sole, et sert à faire le grillage qui y est poussé assez loin pour donner déjà une certaine quantité de plomb. Le brassage et le ressuage se font sur la sole inférieure. On charge à la fois sur la sole supérieure 420 kilogr. de schlich ;

PLOMB.

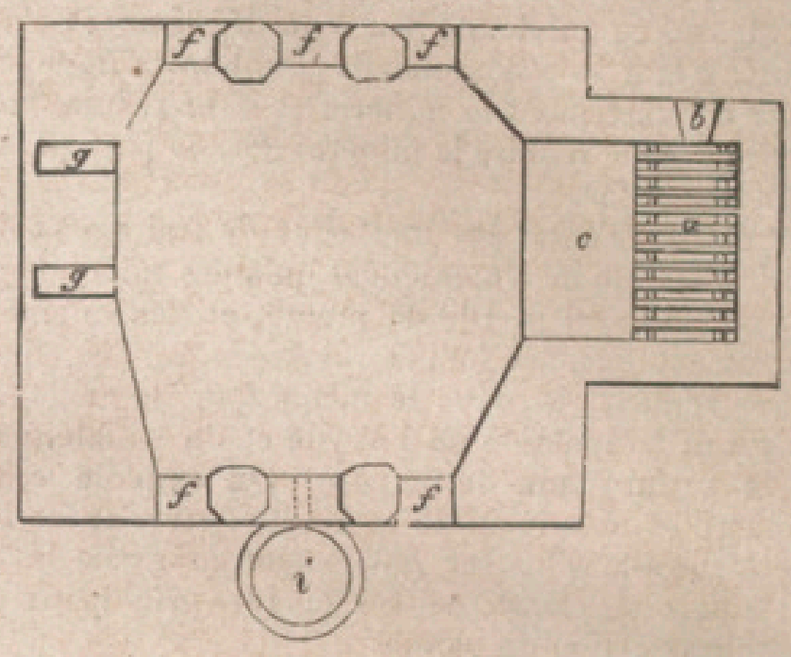
chaque opération dure 11 heures 1/2 environ et produit 276 kilogr. de plomb. La substitution du fourneau à double sole au fourneau à simple sole a procuré une économie d'environ 33 pour 100 sur le combustible, ce qui équivaut, à Bleiberg, à une économie d'argent sur le prix de revient du plomb que l'on peut évaluer à 14 ou 15 pour 100.

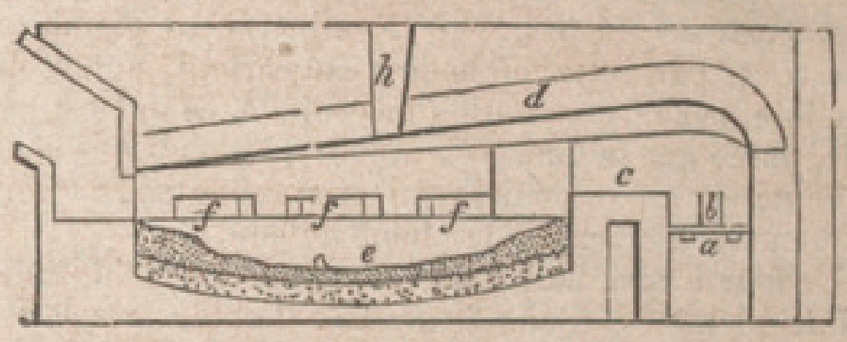
Méthode de la Sierra de Gador. Le minerai est une galène sans blende ni pyrites, avec un peu de gangue calcaire et de plomb carbonaté. Il n'y a, dans le pays, aucune force motrice naturelle, et on n'y trouve que des combustibles herbacés. On se sert, pour le traitement du minerai, de fourneaux à réverbère d'une forme particulière : la sole de ces fourneaux est circulaire et de $2^m,00$ ou $2^m,25$ de diamètre ; elle est légèrement inclinée vers la porte de travail devant laquelle se trouve un bassin de réception intérieur de $0^m,45$ de diamètre ; la hauteur de la voûte au milieu de la sole est d'environ $0^m,80$. A l'opposé de la porte de travail se trouve un rampant horizontal qui conduit la flamme à la cheminée, après avoir traversé une grande chambre munie de portes qui servent à régler le tirage. La chauffe n'a pas de grille ; c'est une aire voûtée placée à gauche de la porte de travail, et dont l'un des côtés est tangent à la sole près de la porte de travail, tandis que l'autre côté a une direction à peu près perpendiculaire à l'axe du fourneau. On charge à chaque opération 650 à 700 kilogr. de minerai ; l'opération est conduite beaucoup plus rapidement qu'au Bleiberg, parce que le minerai renfermant une certaine proportion de carbonate de plomb, la réaction qui donne du plomb métallique commence plus tôt ; il n'y a pas de ressuage proprement dit. En résumé, l'opération ne dure que 4 1/2 à 5 heures, et on voit couler du plomb dès la fin de la première heure. Chaque fois que le bassin de réception intérieur est plein, on fait écouler le plomb qu'il contient dans un bassin extérieur placé à droite de la porte de travail ; on purifie le plomb comme à l'ordinaire, et on le coule dans des lingotières.

Les crasses du fourneau à réverbère sont fondues dans de tous petits fourneaux à manche, avec la moitié de leur poids de scories riches du fondage précédent. Ces fourneaux sont alimentés par des soufflets en cuir tout à fait semblables, sauf les dimensions, aux soufflets de maréchaux, et mus, comme eux, à bras d'hommes. Les scories étant très basiques dissolvent rapidement les parois du fourneau : on y passe, par 24 heures, de 4.500 à 5.000 kilogrammes de crasses, dont on retire de 12 à 20 pour 100 de plomb. On emploie comme combustible du charbon de bois seul ou mélangé de coke, venant de Marseille ou d'Angleterre, 30 pour 100 du poids des crasses.

Méthode du pays de Galles ou du *Flintshire*. Le minerai est soumis à une préparation mécanique très soignée, et sa teneur en plomb descend rarement au-dessous de 0,70. La méthode suivie pour en extraire le plomb se divise en deux parties, comme en Espagne, le traitement au four à réverbère et la fonte des crasses au fourneau à manche. Les fig. 2084 et 2085 donnent le plan et la coupe du four à réverbère employé aux environs d'Holywell : *a*, chauffe ayant $0^m,75$ sur $1^m,30$; *b*, porte de la chauffe ; *c*, autel ayant $0^m,75$ sur $0^m,30$; *e*, sole ou scories, ayant 3^m de longueur sur $2^m,85$ de largeur ; *f*, *f*, six portes, dont trois de chaque côté, et ayant $0^m,45$ sur $0^m,25$. En avant de l'une des portes du milieu se trouve pratiqué dans la sole un bassin intérieur, dont le fond est à $0^m,60$ au-dessous du seuil de la porte ; vis-à-vis se trouve une chaudière extérieure, en fonte, pour recevoir les coulées de plomb. *h*, est une trémie pratiquée dans la voûte du fourneau et par laquelle se fait le chargement : cette voûte est à $0^m,50$ au-dessus de l'autel et à $0^m,25$ au-dessus de la sole, à la naissance des rampants *g* ; la sole est à $0^m,,08$ et la grille à 0^m28, en contre-bas de l'autel. Une seule cheminée sert à tous les fourneaux de l'usine : cette disposition est indiquée

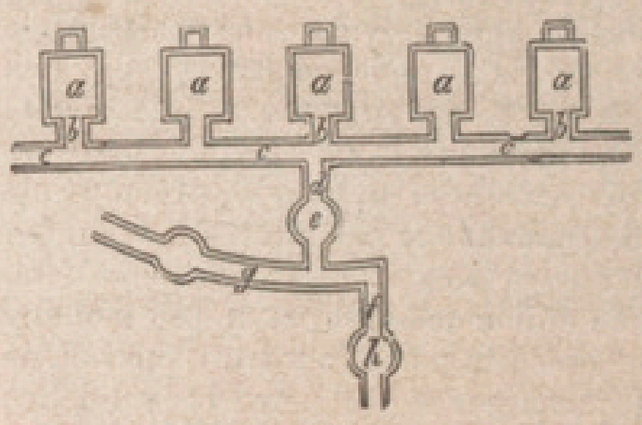
2084.





2085.

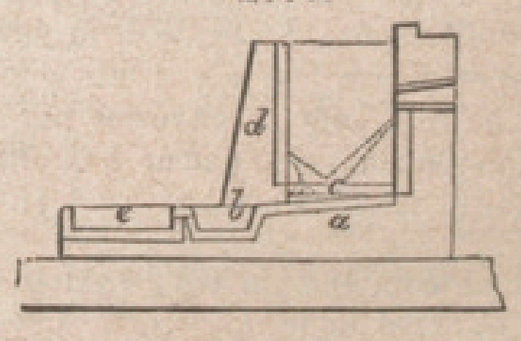
fig. 2086 : *a*, *a*, fours à réverbère ; *b*, *b*, rampants conduisant les flammes et fumées dans la conduite *c c*, d'où elles se rendent par la conduite *d* dans une chambre de condensation *e*, et de là, par la conduite *f*, dans la cheminée commune *h* ; *g* est le conduit qui communique avec la chambre de condensation du fourneau à manche.

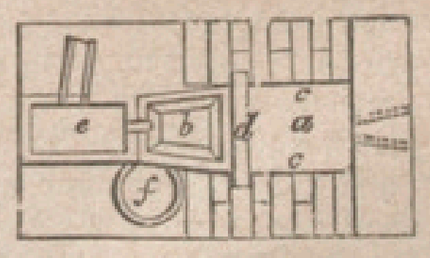


2086.

Le fourneau à manche pour la refonte des crasses est représenté fig. 2087 et 2088 ; il a intérieurement $0^m,67$ de long, $0^m,87$ de largeur moyenne et $0^m,90$ de hauteur. La sole *a* est formée d'une plaque de fonte légèrement inclinée vers le bassin de réception *b*, sur les côtés de cette sole sont couchés les supports en fonte *c*, *c*, sur lesquels reposent les parois latérales en grès et la plaque en fonte, qui forme la poitrine du fourneau et qui descend jusqu'à $0^m,18$ au-dessus de la sole. Au-dessus de la plaque de sole on bat un creuset en brasque. Le plomb se rend de l'avant-creuset *b* dans la chaudière en fonte *f*, sous laquelle on entretient un peu de feu, tandis que les scories s'écoulent par la partie supérieure et vien-

2087.



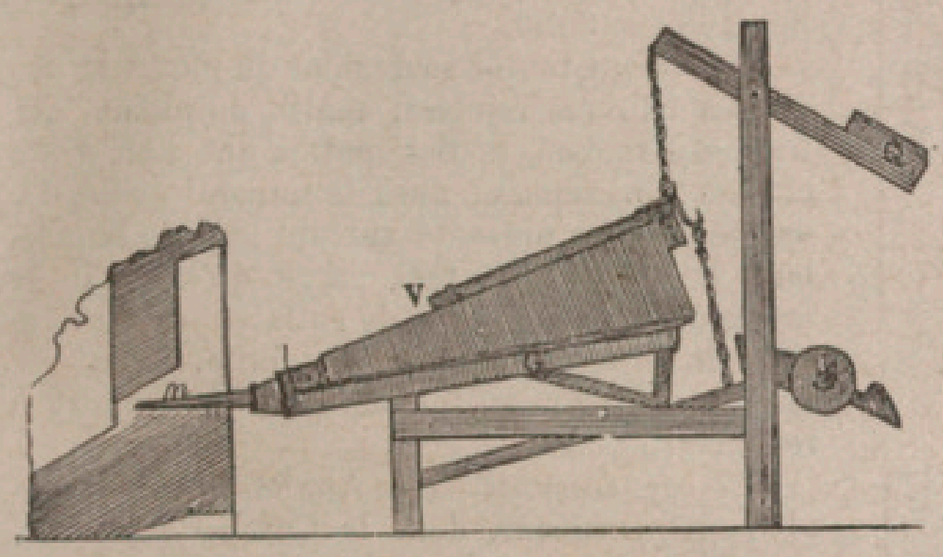


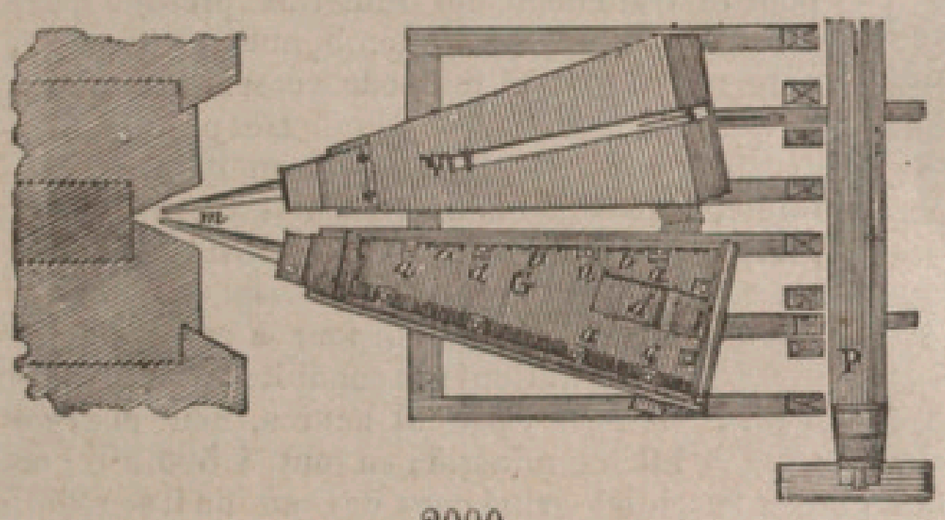
2088.

nent tomber dans un bassin *e*, plein d'eau froide qui se renouvelle constamment; elles s'y étonnent, s'y grenaillent, et on peut aisément en séparer par le lavage les parties riches, que l'on repasse dans le fourneau. La tuyère est à 0m,46 au-dessus de la plaque de sole et reçoit le vent de deux soufflets pyramidaux, fig. 2089 et 2090, dont les buses ont 3 centimètres de diamètre.

On charge à la fois 1.015k de minerai dans le four à réverbère, et chaque opération dure cinq à six heures.

2089.





2090.

On commence par un grillage à basse température et qui dure deux heures ; pendant ce temps, on fait subir une espèce de ressuage aux crasses de l'opération précédente, on purifie le plomb obtenu et on le coule en saumons. On fait ensuite trois fondages successifs, en les commençant tous par un coup de feu que l'on donne en chargeant la grille, fermant les portes et levant le registre. Les différents éléments du minerai réagissant les uns sur les autres, il se produit du plomb et des scories riches qui se réunissent dans le bassin intérieur. Les ouvriers repoussent les scories sur la sole, les étendent et les mêlent avec le minerai non réduit. On sèche ou diminue, au besoin, la fluidité des scories ou crasses par l'addition d'une certaine quantité de chaux. L'opération, comme on le voit, est menée très rapidement. On traite environ 4.060k de minerai par vingt-quatre heures, et par 100k de minerai traité la main-d'œuvre est de 0Journ.,10, et la dépense en combustible 40 à 50k de houille. On obtient moyennement de 24 à 25 p. 100 de crasses, dont on repasse 100k par heure au fourneau à manche en les mélangeant avec des escarbilles de coke ; elles rendent 22 à 24 p. 100 de plomb.

Méthode du Derbyshire Le minerai que l'on traite dans le Derbyshire étant principalement composé de galène, mélangée d'une quantité notable de carbonate de plomb avec gangue de chaux fluatée et de baryte sulfatée, il est généralement impossible de l'amener par la préparation mécanique à une teneur aussi élevée qu'on le fait pour les minerais que l'on traite par les méthodes précédentes. Le travail comprend également deux parties : fonte du minerai au four à réverbère, et fonte des crasses au fourneau à manche.

Le four à réverbère est semblable à celui indiqué fig. 2084 et 2085, à cela près que la sole est un peu plus grande et la charge seulement de 800 à 850k, ce qui facilite le grillage, dont la durée est d'ailleurs d'autant moindre que le minerai renferme plus de carbonate de plomb ; on renouvelle de temps en temps les surfaces à l'aide d'un râble, en maintenant la chaleur au-dessous du rouge. Cette période est terminée quand on voit disparaître les vapeurs ou fumées qui obscurcissaient l'intérieur du fourneau, lequel s'éclaircit complétement. On ajoute alors, s'il est nécessaire, un mélange de calcaire et de chaux fluatée, qui sert de fondant, et on donne un coup de feu. Il se forme des scories très liquides et pauvres, tenant 0,09 de plomb, et que l'on jette, 20 à 22 p. 100 de crasses riches ayant une teneur de 0,28, que l'on sèche avec de la chaux ou du poussier de houille, après avoir fait écouler les scories pauvres, et du plomb métallique. On passe quatre charges par vingt-quatre heures. Les scories riches, ainsi que les écumages venant du raffinage du plomb, sont repassées à raison de 160k par heure, dans un fourneau à manche pareil à celui indiqué fig. 2087 et 2088, et rendent 24 à 25 p. 100 de plomb.

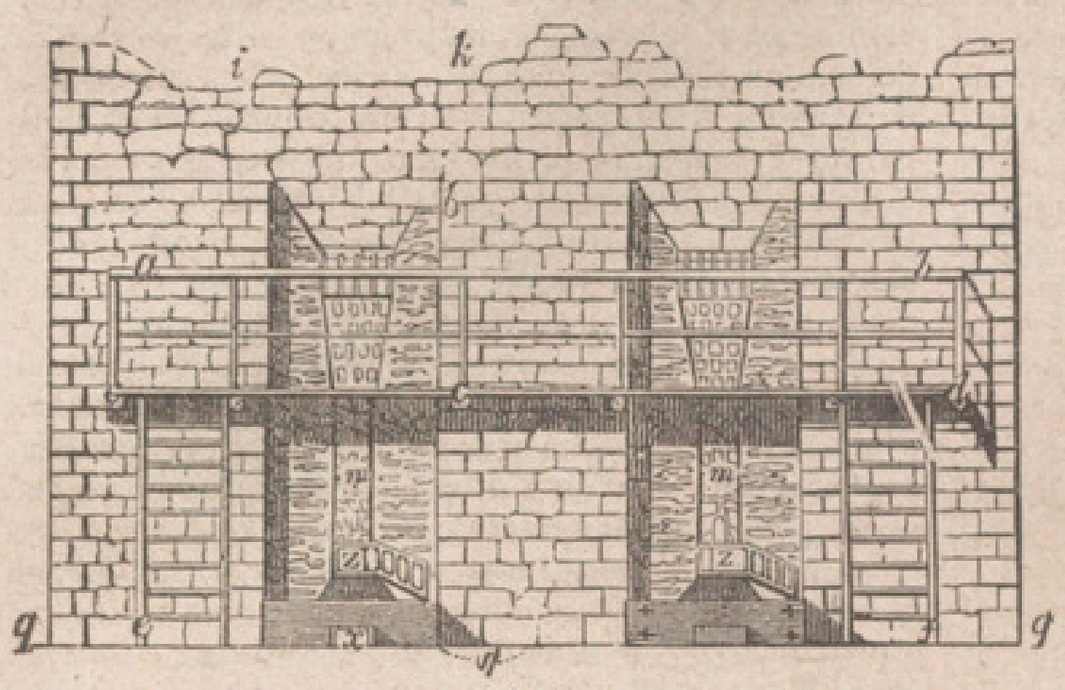
Méthode de Bretagne. Cette méthode, usitée à Poullaouen, est appliquée à des minerais ayant une teneur moyenne de 0,66 et à gangue de quarz, de blende et de pyrite. Le four à réverbère a trois portes de travail situées sur le même côté du fourneau et, dans la direction de son axe longitudinal, une quatrième porte qui sert à faire écouler les scories ; la grille a 0m,46 sur 1m,36 ; l'autel a 0m,65 de largeur minimum ; la sole a 3m,40 de long sur 1m,85 de largeur maximum ; la voûte est à 1m,35 au-dessus de l'autel, 0m,70 au-dessus de la grille, 0m48 au-dessus de la sole, près de l'autel, et 0m,30 près du rampant ; la cheminée a une section de 0m,40 de côté ; la sole est en argile battue et inclinée, d'une part, vers le rampant, et, de l'autre, vers la porte de travail du milieu. On charge à chaque fois 1.300k de minerai ; l'opération, qui dure douze heures, se divise, comme dans la méthode du Bleiberg, en trois parties : le grillage, qui dure quatre heures trois quarts ; le brassage, qui dure autant ; et le ressuage, dont la durée est de deux heures et demie, et qui se fait en ajoutant du charbon. Les charges sont beaucoup plus fortes qu'au Bleiberg et l'opération conduite plus rapidement ; la perte en plomb est à peu près la même. On consomme un poids de bois et de fagots égal à celui du minerai traité, et la main-d'œuvre est plus considérable qu'en Angleterre et à peu près égale à celle de la méthode de la Sierra de Gador. On obtient environ 0,29 de crasses blanches et de fumées, qui sont fondues au fourneau à manche, et qui rendent 32 p. 100 de plomb, avec une consommation de 1/3 de charbon de bois.

Méthode de Conflans. Depuis quelques années on a remplacé à Conflans, où l'on suit la méthode de Bretagne, le fourneau à réverbère à une sole par un fourneau à deux soles, placées à la suite l'une de l'autre, dont la seconde, chauffée à flamme perdue, sert à effectuer le grillage du minerai, tandis que la première, placée près de la chauffe, sert au brassage et au ressuage. On réalise ainsi une économie assez notable sur le combustible.

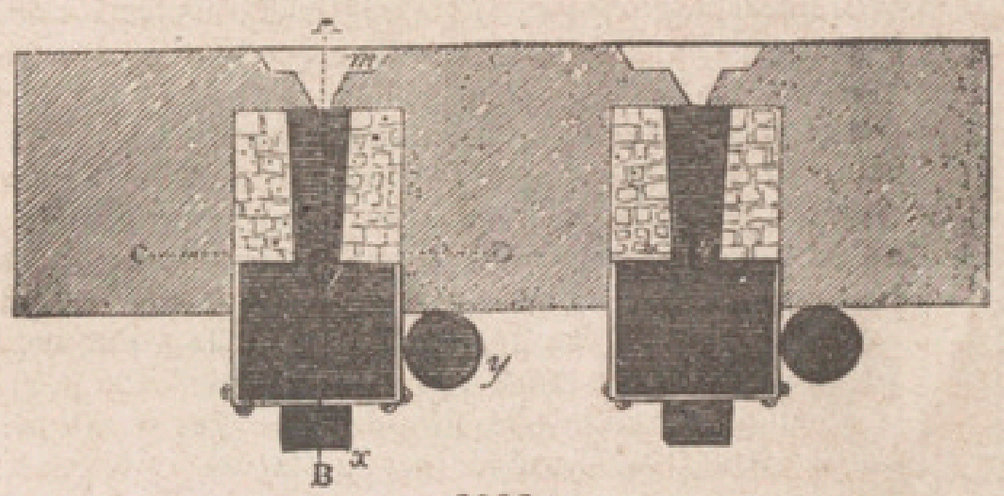
2e CLASSE. Cette classe de méthodes consiste, comme nous l'avons dit, à griller le minerai aussi complétement que possible, et à le fondre ensuite dans des fourneaux à manche ou dans des demi-hauts-fourneaux. Les minerais que l'on traite ainsi sont généralement moins riches que ceux que l'on traite par les méthodes de la première classe et plus impurs ; on les grille en tas, en cases, à plusieurs feux (Hartz), ou mieux dans des four à réverbère de forme variée (Auvergne, Hongrie). La fonte du minerai grillé a lieu ordinairement dans de demi-hauts-fourneaux de dimensions très variables. La fig. 2092 donne le plan de deux fourneaux de ce genre, accolés, employés dans le bas Hartz ; la fig. 2091 en donne

PLOMB.

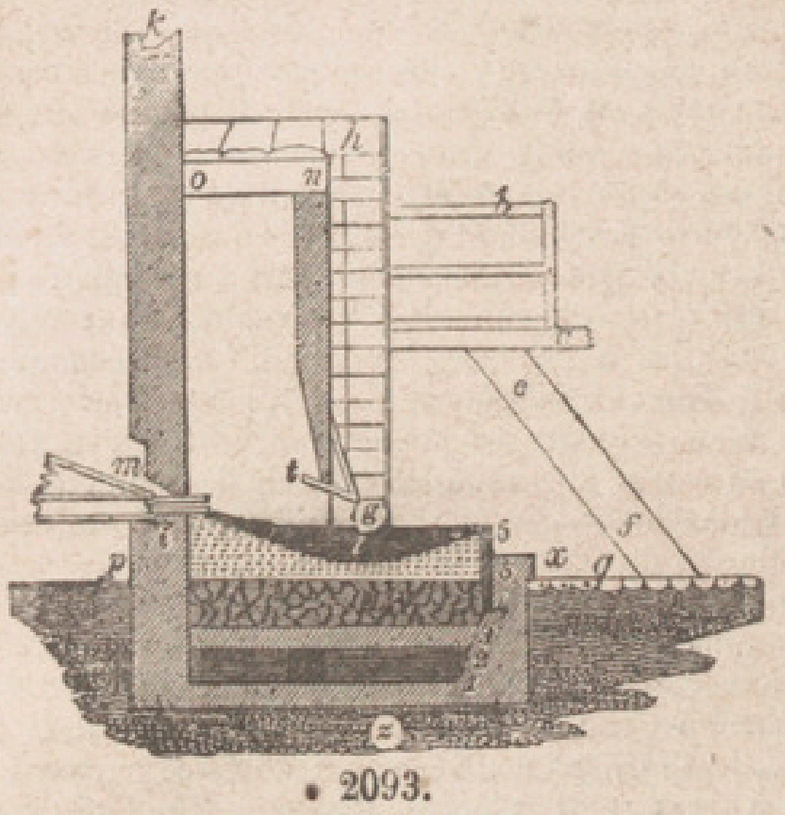
l'élévation, et les fig. 2093 et 2094 sont des coupes verticales suivant les lignes AB, CD de la fig. 2092 :



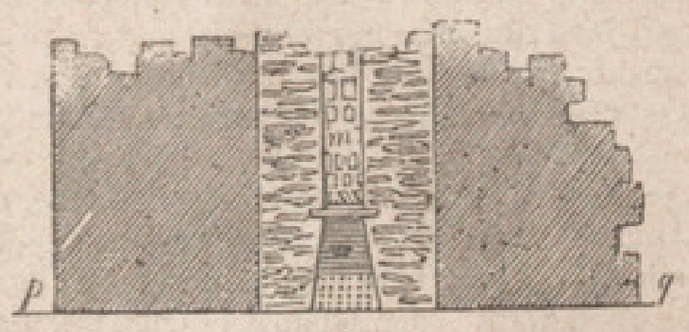
2091.



2092.



2093.



2094.

a b c d, est la plate-forme qui sert à charger le minerai et le charbon au gueulard *n o*; *e f*, escalier pour monter sur la plate-forme; *g h i k*, massif du fourneau; *m*, tuyère; *p q*, sol de l'usine; *t*, assiette pour recueillir une partie du zinc qui se volatilise et qui vient s'y condenser. La sole est composée, en allant de bas en haut, de deux rangs de briques, dans lesquels sont ménagés des canaux d'assèchement, d'une couche de scories concassées, d'une couche d'argile damée, et enfin de brasque (mélange d'une partie d'argile et de deux parties de poussier de charbon), que l'on bat de manière à lui donner la forme indiquée fig. 2092; *y*, est le bassin de réception pour le plomb. Généralement les scories s'écoulent naturellement par dessus l'un des côtés de l'avant-creuset. En Allemagne, chacun de ces fourneaux est encore presque toujours alimenté par deux soufflets pyramidaux V, G, disposés comme l'indiquent les fig. 2089 et 2090.

On obtient tantôt seulement du plomb et de scories pauvres rejetées, tantôt du plomb, des scories à rejeter, et des mattes que l'on grille et que l'on repasse avec le minerai grillé. Ce dernier cas se présente surtout lorsque le grillage a eu lieu en tas, parce qu'alors il se forme une forte quantité de sulfate qui, par l'action du charbon pendant la fonte, donne du plomb et du sous-sulfure de plomb ou matte à retraiter.

Méthode écossaise. En Angleterre, on emploie fréquemment, dans le Cumberland, etc., pour le traitement des minerais presque purs tenant 0,75 à 0,80 de plomb, une méthode qui a reçu le nom de méthode écossaise, et qui a l'avantage de donner du plomb très pur avec une dépense en main-d'œuvre et en matériel très faible, mais qui donne lieu, il est vrai, à une perte en plomb beaucoup plus considérable que les méthodes de la première classe. Le minerai est d'abord grillé dans un four à réverbère ordinaire. L'opération est conduite très rapidement; on passe, par 24 heures, neuf charges chacune de 500 kil. de minerai; en tout, 4.500 kil.; on fait tomber le schlich grillé dans de l'eau, où il se réduit en grenailles. On traite ensuite le schlich dans un petit fourneau à manche, dit fourneau écossais, et qui est représenté en coupe (fig. 2095). Il a intérieurement une hauteur de $0^m,55$ à $0^m,60$; sa section rectangulaire est de dimensions très variables, suivant la hauteur à laquelle on la prend, ainsi que l'indique la figure. La sole AB est en fonte, et porte postérieurement et sur les côtés un rebord en fonte AC, de $0^m,12$ de hauteur; le rebord postérieur de la sole est surmonté par une pièce de fonte CD, de $0^m,72$ de long et de $0^m,17$ de haut, sur laquelle est placée la tuyère; elle supporte une autre pièce en fonte E, évidée à sa partie inférieure pour le passage de la tuyère, et qui s'avance de $0^m,05$ dans l'intérieur du fourneau, dont la paroi postérieure est enfin couronnée par une dernière pièce de fonte H. En avant de la sole se trouve une plaque de fonte MN, appelée plaque de travail, entourée de tous les côtés, excepté sur celui qui regarde le fourneau d'un rebord de $0^m,03$ de hauteur; elle est inclinée de l'arrière à

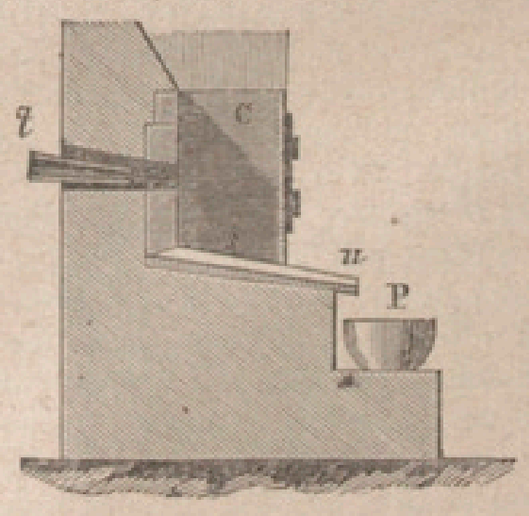


Fig. 2095.

l'avant, et son rebord postérieur, placé à $0^m,12$ au-dessus de la surface de la sole, en est séparé par

un espace vide *g*, qu'on remplit avec un mélange de cendres d'os et de galène en poudre fine humectés et broyés ensemble. Ce mélange forme une masse impénétrable au plomb fondu, qui, après avoir rempli le bassin ainsi formé au fond du fourneau, se rend naturellement, par une rigole pratiquée dans la plaque de travail, dans le bassin de réception P. Sur les deux rebords latéraux de la sole sont placées deux pièces de fonte carrées MC, de $0^m,13$ de côté et de $0^m,67$ de long, qui portent une maçonnerie en briques réfractaires supportant à la partie antérieure une pièce de fonte parallèle à H, et recouvertes, dans l'autre sens, par des cubes en fonte qui terminent le couronnement du fourneau. On a presque toujours des chambres de condensation pour recueillir les fumées.

Lorsqu'on veut commencer une fonte, on allume le fourneau avec des briquettes de tourbe; on charge d'abord des crasses riches, et au besoin de la chaux ou du calcaire, soit pour rendre les matières terreuses plus fusibles si elles sont trop réfractaires, soit pour les *sécher* si elles sont trop fusibles. Lorsqu'elles sont arrivées au fond du fourneau, on les retire par la poitrine; on les place sur la table de travail, une partie du plomb s'écoule à l'état métallique; puis on trie, d'une part, les crasses riches et, de l'autre, les crasses pauvres, qui ont plus d'éclat que les précédentes et ont été agglutinées ou séchées par l'addition de la chaux, et on les met de côté. On place devant la tuyère une brique de tourbe pour diviser le vent; on rejette dans le fourneau un peu de houille, quelques pelletées de minerai, les crasses restées sur la plaque de travail, et de la chaux, s'il est nécessaire. Au bout de 10 ou 15 minutes, les matières sont de nouveau tirées sur la plaque de travail et traitées comme ci-dessus. Le même travail se continue pendant 12 à 15 heures de suite, après quoi on laisse refroidir le fourneau pendant 5 à 8 heures. Il y a deux ouvriers par fourneau. Un fourneau écossais, marchant 15 heures sur 24, produit dans ce temps 1.500 à 2.000 kilogrammes de plomb. Ce dernier se sépare des crasses par liquation.

Autrefois, et maintenant encore quand le minerai renferme une forte proportion de carbonate de plomb, on passait le minerai au fourneau écossais sans grillage préalable. Dans ce cas, on ajoute une plus forte proportion de chaux, et on emploie plus de tourbe et moins de houille, afin d'avoir, dans l'intérieur du fourneau, une zone oxydante plus étendue.

Les crasses pauvres que l'on obtient au fourneau écossais, et qui sont mises de côté comme nous l'avons dit, sont refondues au fourneau à manche (fig. 2087 et 2088).

3e CLASSE. La troisième classe de méthodes consiste à réduire la galène par le fer, soit dans des fourneaux à manche, soit dans des fourneaux à réverbère. On remplace souvent une partie du fer par des battitures ou des scories de forge, dont une partie du fer se réduit pendant la fonte et remplace économiquement le fer métallique, lorsqu'on se trouve dans le voisinage d'usines à fer; on remplace aussi quelquefois le fer par des grenailles de fonte obtenues par le bocardage des laitiers de hauts-fourneaux. Théoriquement, il suffirait de 22,6 pour 100 de fer pour décomposer la galène; mais dans la pratique, il convient d'en ajouter 30 à 35 pour 100.

A *Tarnowitz*, dans la Haute-Silésie, le minerai riche, tenant 0,80 de plomb, est traité dans des fourneaux à manche de $1^m,25$ de hauteur, avec 0,12 de vieilles ferrailles ou de grenailles de fond, autant de scories d'affinage de la fonte de fer par la méthode allemande, et 0,36 de scories de la fonte même. On dépense environ 0,14 de coke, et on produit 0,66 de plomb et 0,24 de matte, plus des scories qui sont rejetées : chaque campagne dure six jours et donne environ 30.000 kilogrammes de plomb. Les schlichs pauvres, tenant 0,50 de plomb environ, sont fondus dans un demi-haut-fourneau, avec 0,32 de mattes de la fonte du minerai riche, 0,12 de matières plombeuses (débris de fourneaux, écumages), 0,10 de scories de fer métallique, 0,24 de scories d'affinage et 1,20 de la fonte même. On consomme 0,43 de coke, et on produit 0,40 de plomb. Chaque campagne dure une semaine, et on obtient par jour 1.000 à 1.100 kilogrammes de plomb. Enfin, on refond à part les résidus, crasses, mattes, écumages, etc., de cette dernière opération.

A *Vienne*, sur les bords du Rhône (cette usine a cessé d'exister depuis quelques années, par suite de l'épuisement des mines qui l'alimentaient), et à *Poullaouen* (Finistère), on opère la fusion dans des fours à réverbère chauffés, soit au bois, soit à la houille (cette méthode est connue sous le nom de *méthode viennoise*). La chauffe a $0^m,80$ sur $0^m,42$; la sole est formée de pierres de grès; elle a $2^m,68$ de long sur $1^m,35$ de largeur maximum; sa forme est ovoïde; elle est très inclinée (de $0^m,43$) vers le bassin de réception, qui est extérieur. Le travail est très simple : on charge 370 kilogrammes du lit de fusion; on ferme les portes; au bout de 2 heures, on repousse les scories sur le haut de la sole, et on ramène la ferraille dans le bain; après 4 heures, on enlève la plus grande partie des scories, on coule et on obtient 135 kilogrammes de plomb. Les scories et mattes ferreuses que l'on obtient en sont rejetées. Le lit de fusion se compose de 1,00 de minerai cru, de 0,40 de terres rouges argentifères, qui servent, en outre, de fondants, de 0,10 de fonds de coupelles et de 0,35 de ferrailles.

Cette méthode s'applique également bien à des minerais très riches, comme l'ont prouvé des essais faits à Poullaouen sur des minerais venus de la Sierra de Gador.

Sous le rapport du rendement en plomb et de l'économie du combustible, les méthodes de la troisième classe donnent des résultats bien supérieurs aux autres méthodes, pour le traitement des minerais ayant une faible teneur (0,40 à 0,60), et que la nature de la gangue n'a pas permis de concentrer davantage. Lorsque le plomb est très argentifère, on ne peut rejeter les mattes qui contiennent une notable proportion d'argent; il faut les repasser dans le lit de fusion; mais, comme elles ne se séparent pas toujours bien facilement des scories, elles restent en partie disséminées dans la scorie, ce qui explique que souvent, pour des minerais très riches en argent, et que, par cette raison, on concentre peu à la préparation mécanique, comme en Auvergne, on préfère griller le minerai aussi complétement que possible et le fondre sans addition de matières ferreuses, afin de ne pas produire de mattes, bien qu'en agissant ainsi on augmente beaucoup la dépense en combustible, et que la perte en plomb soit plus considérable.

Dans quelques usines où ce dernier cas se présente, à *Przibram*, en Bohême, par exemple, où le minerai fondu rend moyennement 0,39 de plomb et 0,00240 d'argent, on a adopté une méthode mixte, qui consiste à griller le minerai comme dans les méthodes de la deuxième classe, et à le fondre ensuite avec une certaine quantité de matières ferreuses comme dans les méthodes de la troisième classe. On obtient ainsi un peu plus de plomb que par les méthodes de la deuxième classe, mais il n'y a pas économie de combustible; on produit très peu de matte, laquelle reste disséminée dans les scories.

Revivification des litharges. Le plomb que l'on obtient en Carinthie, dans la Sierra de Gador et dans le Derbyshire, est généralement trop pauvre en argent pour être soumis à la coupellation, et est immédiatement livré au commerce. Récemment, en Angleterre, M. Pattinson a trouvé un moyen fort ingénieux de concentrer

à peu de frais la majeure partie de l'argent contenu dans un plomb pauvre dans une faible partie de ce plomb, et d'obtenir ainsi un produit assez riche pour pouvoir être soumis avec bénéfice à la coupellation (voir article ARGENT, — *affinage par cristallisation*). Généralement le plomb est assez argentifère pour pouvoir être directement coupellé; la coupellation (voir article ARGENT) produit des crasses (abzugs et abstrichs), des litharges noires, des litharges marchandes, jaunes ou rouges, des litharges riches, et enfin de l'argent de coupelle. Les abzugs, abstrichs, litharges riches et fonds de coupelles, sont ordinairement repassés dans les lits de fusion comme matières plombeuses, ou fondus séparément. Les litharges noires sont quelquefois repassées dans le lit de fusion, mais le plus souvent on les réduit et on en retire un plomb antimonial aigre, qui est vendu à bas prix pour la fabrication du plomb de chasse, etc. Les litharges rouges sont presque toujours livrées au commerce après pulvérisation préalable au bocard ou entre des cylindres. Les litharges jaunes sont tantôt versées directement dans le commerce, tantôt revivifiées, suivant la valeur relative du plomb et de la litharge et les débouchés; elles donnent du plomb très pur, très doux et d'excellente qualité.

La revivification des litharges s'opère soit dans des fourneaux à manche, et rentre alors dans les méthodes de la deuxième classe, soit dans des fours à réverbère. Lorsqu'on emploie des fourneaux à manche, la fonte est conduite très rapidement, et la perte en plomb est de 4 p. 100 ; on obtient une petite quantité de scories riches que l'on repasse, partie dans l'opération même, partie dans les fontes pour plomb d'œuvre. On peut aussi employer le fourneau écossais, qui est plus économique sous le rapport de la consommation en combustible et de la main d'œuvre, et qui ne donne qu'une perte en plomb de 2 p. 100; les crasses du fourneau écossais sont repassées au fourneau à manche. La perte est également insignifiante au four à réverbère. On charge d'abord une couche de houille de 5 à 6 centimètres d'épaisseur sur la sole, qui est inclinée vers un canal servant à l'écoulement du plomb réduit; l'intérieur du fourneau étant arrivé au rouge sombre, on charge la litharge sur toute l'étendue de la sole, en fragments assez gros mélangés de deux ou trois fois son volume de menue houille ; on conduit le feu de manière à maintenir le fourneau au rouge sombre, de sorte que la litharge ne fonde pas et que le plomb réduit se sépare par liquation. Les crasses et fumées du four à réverbère sont repassées au fourneau à manche.

A Freiberg, en Saxe, on avait imaginé, il y a quelques années, de réduire les litharges en les faisant tomber, à la sortie du fourneau de coupelle, dans une espèce de panier ou fourneau mobile plein de charbons embrasés. Ce procédé, très prôné lors de sa découverte, a été abandonné depuis.

Statistique

La production annuelle du plomb en Europe est d'environ 852.000 q. m., savoir :

Angleterre.	392.000q.m.
Espagne.	312.000
Hartz (haut et bas).	53.000
Empire d'Autriche (Carinthie, Bohême, Hongrie).	51.000
Prusse (bords du Rhin et Silésie).	16.000
France.	8.000
Russie.	7.000
Pays de Nassau.	6.000
Saxe.	4,500
Savoie, Piémont.	2,500
Suède.	800
	852.800q.m.

qui, au prix moyen de 50 fr. le quintal métrique, représentent une valeur de 42,640,000 fr.

L'Amérique produit aussi une quantité de plomb considérable dans le Missouri. P. DEBETTE.

PLOMB GRANULÉ ou PLOMB DE CHASSE (*angl.* lead-shot, *all.* schrot). Le plomb acquiert la propriété de se granuler par l'addition d'une certaine quantité d'arsenic, d'autant plus grande qu'il est plus aigre, c'est à-dire plus antimonial ; cependant on le fabrique presque toujours avec les plombs aigres venant de la réduction des litharges noires, à cause du bas prix auquel on les trouve dans le commerce. On ajoute à peu près 0,003 d'arsenic aux plombs doux, et jusqu'à 0,008 d'arsenic aux plombs aigres. Le mélange d'arsenic se fait de deux manières, soit en préparant d'abord un plomb très chargé d'arsenic que l'on ajoute ensuite en certaine proportion au plomb à granuler, soit en introduisant directement dans les bains de plomb, ordinairement à l'état de sulfure, ou *orpiment*, la quantité d'arsenic nécessaire. Lorsque la quantité d'arsenic ajoutée est trop forte, les grains sont lenticulaires; lorsque, au contraire, elle est trop faible, les grains forment la *coupe*, c'est-à-dire qu'ils sont aplatis d'un côté et présentent un creux dans le milieu ; enfin, lorsque la proportion d'arsenic est beaucoup trop faible, les grains forment la *queue*, ils s'allongent davantage et ont encore un creux vers le milieu. On fond à la fois, dans une chaudière en fonte, 2.000 à 2.500k de plomb sous une couche de cendres et de poussier de charbon ; quand le plomb est fondu, on enlève à l'aide d'un écumoir les crasses et les cendres qui sont à la surface du bain, et on y introduit par petites portions le sulfure d'arsenic ou l'alliage de plomb et d'arsenic, en brassant la matière à chaque addition, et on enlève au fur et à mesure les crasses qui se forment. On essaie de temps en temps le bain pour reconnaître s'il renferme assez d'arsenic pour donner des grains bien sphériques. Lorsqu'on est arrivé à ce point, on verse le plomb sur les *passoires*, demi-sphères en tôle percées de trous parfaitement ronds, dont les dimensions varient suivant les numéros du plomb que l'on veut obtenir ; ces passoires sont placées sur des espèces de réchauds et entourées de charbon allumé pour empêcher le plomb de s'y figer ; elles sont placées au-dessus de tours ou puits profonds, au bas desquels se trouvent des cuves à demi-pleines d'eau destinées à recevoir le plomb granulé à mesure qu'il se forme. On garnit intérieurement les passoires avec les dernières crasses retirées du bain, et qui sont blanches et poreuses ; le plomb que l'on verse dessus doit avoir une chaleur telle qu'il filtre au travers, de manière à se diviser en gouttes et à se grenailler en passant par les trous des passoires. Les grains que l'on obtient dans une même passoire ne sont pas toujours égaux ; on les classe au moyen de cribles de différentes grosseurs ; on en sépare ensuite les grains qui ne sont pas bien ronds en faisant couler le plomb sur des tables en bois inclinées ; les grains informes s'arrêtent en route et sont mis à part pour être refondus, tandis que ceux qui sont bien ronds, animés d'une plus grande vitesse, continuent leur marche. On lisse enfin ces grains en les faisant tourner avec un peu de graphite en poudre dans des tonneaux traversés par un axe horizontal en fer.

PLOMB LAMINÉ. Lorsqu'on veut obtenir du plomb en feuilles, on le coule ordinairement en plaques, sur table, et on le lamine à froid. Quelquefois on le coule sur des tables en pierre légèrement inclinées ; dans ce cas, il faut que la feuille n'ait pas plus de 5 à 6 millimètres d'épaisseur, sans quoi la table se fendrait par suite de l'excès de chaleur qui résulterait d'une trop forte masse de plomb. On peut se procurer par le coulage des feuilles de plomb très minces, en coulant le plomb sur une toile de coutil graissée avec du suif, bien tendue et inclinée d'environ un sixième. Dans tous

les cas, on coule le plomb à une température très-basse, et telle qu'un morceau de papier plongé dans le bain s'y charbonne rapidement sans s'enflammer.

PLOMBAGINE ; GRAPHITE (*angl.* plumbago, *all.* graphit). C'est du carbone à peu près pur, d'un éclat métallique, gris de plomb, ou plutôt gris de fer, gras au toucher, tachant les doigts, et dont la densité = 2,08 à 2,45. Il est peu dur et se laisse tailler au couteau; il est combustible et s'incinère complétement, quoique difficilement, en laissant presque toujours un faible résidu de matières étrangères. Il se trouve ordinairement dans les terrains de transition les plus anciens. Le plus célèbre jadis, qui avait fait la réputation des crayons anglais, vient de *Borrowdale*, dans le Cumberland; la mine est aujourd'hui épuisée, et les quelques recherches que l'on fait encore sont peu fructueuses. On en trouve en Allemagne, mais beaucoup moins pur, à Passau, etc.

Le graphite se rencontre en Bohême ; on en importe en Angleterre de Ceylan. Un Français, M. Alibert, a créé une belle exploitation de graphite dans la Sibérie orientale, près de Irkoutsk, au mont Batougol, qui a donné des produits aussi remarquables par leur pureté et leur douceur que par leur grande dimension. En 1862, on avait déjà extrait de cette mine 49,000 kilogrammes de graphite de première qualité. Acquise depuis cette époque par la maison Faber, de Bavière, l'exploitation s'est encore développée.

Le graphite pur est débité sous forme de petites baguettes qui servent à faire les crayons dits de *mine de plomb*. Le graphite impur sert, mélangé en certaines proportions avec de l'argile réfractaire, à fabriquer des creusets très-réfractaires connus sous le nom de *creusets de Passau*, des fourneaux, etc. ; il entre aussi dans la composition de divers mélanges employés pour le graissage des essieux de voitures, des axes de machines. Enfin, réduite en poudre très-fine, la plombagine sert à rendre conductrices les surfaces sur lesquelles on veut faire naître des dépôts galvanoplastiques. Voyez CRAYONS.

PLUMES (*angl.* pens, *all.* feder). Les plumes sont employées, soit comme ornements, soit pour la literie, soit enfin pour l'écriture et le dessin.

Plumes pour ornements. Les plumes pour ornements, les plus employées en Europe, sont les plumes d'autruche. On les dégraisse, en les plongeant 5 à 6 minutes dans une eau de savon tiède, puis les lavant à l'eau pure; on les blanchit ensuite, en les passant pendant 1/4 d'heure dans de l'eau bouillante tenant en suspension du blanc de Meudon; on les azure légèrement avec de l'indigo, on les passe au soufre, on les pare, on les frise et on les teint, s'il y a lieu, par les procédés de teinture ordinaires.

Plumes pour literie. On emploie pour cet usage le duvet de l'oie, que l'on fait sécher à l'air, au soleil ou dans un four, et que l'on bat ensuite avec soin à plusieurs reprises. Le duvet de l'*eider*, oiseau que l'on ne rencontre que dans les contrées septentrionales, est remarquable par sa légèreté, et est très-recherché pour la confection des couvre-pieds qui portent le nom d'*édredons*.

Après un long usage, ou par tout autre motif, il devient nécessaire de purifier les plumes qui ont servi à la literie; on ne peut y parvenir par le lavage, comme pour la laine ou le coton. Ordinairement on les réunit dans un grand cylindre métallique, dont le double fond reçoit du feu; ou les agite avec des baguettes, et on les bat avant de les employer de nouveau : cette opération altère assez fortement les plumes. M. Taffin a imaginé un procédé de purification bien préférable, qui consiste à tenir les plumes en mouvement continu de rotation pendant un temps convenable, au moyen d'un volant armé de bras mus par une manivelle, dans un cylindre à doubles parois, entre lesquelles on introduit de la vapeur; on expose ensuite pendant quelques instants les plumes à l'action de la vapeur d'eau et on les sèche par une simple exposition à l'air.

Plumes à écrire. Pour rendre les plumes propres à écrire, on les passe, pendant quelques instants, dans un bain de cendres ou de sable fin chauffé à 60° environ, puis on les frotte fortement avec un morceau d'étoffe de laine; la chaleur détruit la substance grasse qui enduit les surfaces de la plume, et leur permet de se mouiller d'encre, ce qui n'avait pas lieu auparavant. Les plumes prennent en vieillissant une couleur jaune ; on leur donne artificiellement cette teinte, en les plongeant dans de l'acide hydro-chlorique faible. On se sert généralement de plumes d'oie pour l'écriture, et de plumes de corbeau pour le dessin.

PLUMES MÉTALLIQUES. Les plumes métalliques, toujours faites en acier, se sont substituées aux plumes d'oie depuis que le glaçage du papier a rendu leur dureté sans inconvénient. Les feuilles d'acier sont apportées à la fabrique laminées sur $0^{mm},7$ d'épaisseur; elles sont coupées en bandes, de largeur et de longueur convenables, et on leur fait subir un *recuit* qui adoucit le métal, le rend moins cassant et lui permet de mieux supporter les différentes opérations ultérieures. A cet effet, les lames sont placées dans des boîtes métalliques, où elles sont fortement serrées l'une contre l'autre; ces boîtes sont exposées dans des fours, pendant douze heures environ, à l'action d'une haute température; on les abandonne ensuite à un refroidissement lent.

Il faut alors amener ces lames à l'épaisseur voulue, qui varie suivant le modèle de plumes auquel elles sont destinées. On y parvient par un laminage qui se fait à froid : le laminage à chaud dénaturerait l'acier, l'épaisseur sous laquelle on le livre à la fabrique étant l'épaisseur limite que l'on peut obtenir à chaud sans altérer le métal; la chaleur aurait de plus l'inconvénient de déterminer la formation d'une couche superficielle d'oxyde qui détériorerait les outils. Lorsque les lames et les rubans d'acier sont laminés, ils sont envoyés à l'atelier des femmes, et c'est là que commence à proprement parler la fabrication de la plume métallique. Elle comporte dix opérations successives que nous allons décrire.

1° *Découpage.* Cette opération consiste à découper le morceau d'acier qui servira à faire la plume : elle se fait à l'aide d'une machine assez simple qui, plus ou moins modifiée, sert dans presque toutes les phases de la fabrication. Cette machine se compose d'une masse métallique portant à sa partie inférieure une pièce en acier trempé dans laquelle se trouve en creux l'empreinte de la plume supposée aplatie; les bords de cette cavité sont tranchants et constituent un couteau emporte-pièce qui a la forme de la plume. Le tout est suspendu par une vis sans fin munie d'un balancier et tournant dans un écrou qui se meut verticalement, guidé par deux colonnes métalliques. L'ensemble de l'appareil constitue un petit balancier : au-dessous de l'emporte-pièce est une petite enclume fixée à l'appareil qui lui-même repose sur une table devant laquelle l'ouvrière est assise. Celle-ci place une lame d'acier sur l'enclume, et, en manœuvrant le balancier, fait descendre l'emporte-pièce qui découpe dans la bande de métal un morceau ayant la forme d'une plume. Une ouvrière habile découpe ainsi de 360 à 400 grosses de plumes par jour, c'est-à-dire (la grosse se composant de douze douzaines) 51,840 à 57,600 plumes.

2° *Marque de la plume.* La plume reçoit ensuite la marque du fabricant et, quelquefois en même temps, certains ornements que l'on imprime à sa surface. Cette opération s'effectue par la chute d'un mouton.

3° *Perçage.* Le *perçage* a pour but de pratiquer dans la plume des ouvertures destinées à lui communiquer plus d'élasticité. Le trou que l'on voit au centre des

plumes et dans le prolongement de la fente, a un autre but, dont nous parlerons plus tard.

Le perçage se fait à l'aide de la première machine, où l'emporte-pièce devient un petit découpoir, dont le piston est de la forme des trous qui doivent être faits sur la plume.

4° *Formage.* Jusqu'ici la plume est encore plate : il faut lui donner la forme concave qu'elle a ordinairement ; le petit balancier sert encore pour cette opération. L'enclume présente une cavité dans laquelle peut descendre un morceau d'acier ayant la forme et la courbure qu'on veut donner à la plume. Celle-ci étant placée sur la cavité, l'ouvrière agit sur le balancier et fait descendre le morceau d'acier qui comprime la plume et la force à se mouler sur lui.

5° *Trempe.* Il faut que l'acier, pour subir les opérations que nous venons de décrire, ne soit ni trop élastique, ni trop dur, ni trop cassant ; la plume fabriquée doit, au contraire, être élastique et dure. On lui communique ces propriétés en *trempant* le métal, c'est-à-dire en le portant à une haute température pour le refroidir ensuite brusquement. Pour cela, les plumes sont enfermées dans des boîtes métalliques que l'on expose pendant une heure, dans des fours, à l'action d'une température rouge cerise. Puis on les sort et on les trempe aussitôt dans un bain d'huile qui les refroidit brusquement : la trempe à l'eau serait trop dure.

6° *Recuit.* L'opération précédente a rendu le métal trop cassant : on corrige cet effet par un *recuit*, qui consiste à chauffer les plumes dans un appareil semblable à celui que l'on emploie pour la torréfaction du café et à les laisser refroidir lentement. La température doit être bien moins élevée que celle à laquelle on porte l'acier avant la trempe, sans quoi on détruirait ce qu'a produit cette opération.

7° *Nettoyage.* La trempe et le recuit ont eu pour effet de déterminer la formation d'une couche superficielle d'oxyde, que l'on enlève en plongeant d'abord les plumes dans un acide. On les place ensuite avec du gravier dans de grandes boîtes de fer-blanc qui sont mises en mouvement de rotation autour de l'axe sur lequel elles reposent : ces boîtes portent à l'intérieur des pointes qui divisent la masse et renouvellent les surfaces en empêchant les plumes d'aller s'appliquer contre les parois et de tourner sans frottement. Le gravier, en frottant contre les plumes, les nettoie, les polit, et l'on achève le travail en remplaçant le gravier par la sciure de bois.

8° *Aiguisage.* La plume subit alors l'*aiguisage en long:* l'ouvrière la saisit avec une pince par le bout opposé à la pointe, et présente l'autre extrémité à l'action d'une meule verticale animée d'un mouvement rapide de rotation. Cette meule, qui a environ 1 centimètre d'épaisseur, est recouverte de cuir et d'émeri : l'ouvrière appuyant sur la meule le quart environ de la plume suivant le sens de la longueur, celle-ci s'use et s'aiguise. Une ouvrière peut aiguiser par jour 14 à 15,000 plumes.

9° *Refendage.* Jusqu'ici la plume n'est pas encore *fendue.* On la fend à l'aide de la machine à balancier, qui est pour ainsi dire transformée en une paire de ciseaux. L'une des lames est fixe, c'est le bord tranchant d'une pièce d'acier fixée à l'extrémité de la vis; l'autre est le bord de l'enclume. L'ouvrière, grâce à des guides convenablement fixés, place la plume sur l'enclume, de telle sorte que l'une des moitiés repose sur elle et que l'autre soit en dehors; en agissant sur le balancier, elle fait descendre la lame mobile et la plume, se trouvant prise entre elle et l'enclume, se fend jusqu'au trou qu'a déterminé le perçage. Ce trou a l'avantage d'arrêter la fente; de plus, en permettant à l'outil de couper la plume avec netteté depuis la pointe jusqu'à lui, il évite la production des bavures qui empêcheraient la fente de se refermer parfaitement dès qu'elle aurait été ouverte. Une ouvrière refend environ 15,000 plumes par jour. Certains modèles, surtout les plus grands et ceux qui sont en acier fort, présentent sur les bords des fentes destinées à donner de l'élasticité : ces fentes ont été faites en même temps que le perçage.

10° *Vernissage.* Enfin, la plume n'a plus qu'à subir l'opération du vernissage.

PNEUMATIQUE (MACHINE). On donne habituellement ce nom à une petite pompe aspirante employée dans les cabinets de physique, semblable, sauf les dimensions plus petites, aux machines pneumatiques ou machines aspirantes employées pour les chemins de fer atmosphériques, ou pour l'aérage des mines; dans ce dernier cas, on se sert plus souvent de ventilateurs aspirants. (Voyez VENTILATION.) Les machines aspirantes à piston ont beaucoup d'analogie avec les machines soufflantes; les soupapes d'aspiration s'ouvrent du dehors en dedans du corps de pompe, et les soupapes d'évacuation, placées sur le piston même, s'ouvrent de dedans en dehors; en inversant le sens des soupapes, on transformerait les machines aspirantes en machines soufflantes, et réciproquement. Les machines aspirantes sont souvent à simple effet, et doivent être alors assemblées par couples, afin d'obtenir une aspiration continue.

POIDS ET MESURES. Parlons d'abord du système décimal ou *système métrique* rendu actuellement obligatoire en France.

Mesures itinéraires.

Myriamètre.	10,000 mètres.
Kilomètre.	1,000 mètres.
Décamètre.	10 mètres.
MÈTRE.	*Unité fondamentale du système français actuel des poids et mesures ;* c'est la dix-millionième partie du quart du méridien terrestre.

Mesure de longueur.

Mètre.	
Décimètre.	10e de mètre.
Centimètre.	100e de mètre.
Millimètre.	1,000e de mètre.

Mesures agraires.

Hectare.	Carré de 100 mètres de côté = 10,000 mètres carrés.
Are.	Carré de 10 mètres de côté = 100 mètres carrés.
Centiare.	1 mètre carré.

Mesures de capacité.

Kilolitre	1 mètre cube ou 1.000 litres.
Hectolitre	100 litres.
Décalitre	10 litres.
Litre	1 décimètre cube.
Décilitre	10e de litre.
Centilitre	100e de litre.

Mesures de solidité.

Décastère	10 stères.
Stère	Mètre cube.
Décistère	10e de stère

Poids.

Tonne ou millier	Poids d'un mètre cube d'eau distillée et à la température de 4° au-dessus de zéro = 1.000 kilogrammes.
Quintal	100 kilogrammes.
Myriagramme	10 kilogrammes.
Kilogramme	Poids d'un décimètre cube d'eau distillée, à 4e au-dessus de zéro, = 1.000 grammes.
Hectogramme	100 grammes.
Décagramme	10 grammes.
Gramme	Poids d'un centimètre cube d'eau distillée, à 4° au-dessus de zéro.
Décigramme	10e de gramme.
Centigramme	100e de gramme.
Milligramme	1.000e de gramme.

Anciens poids et mesures de France.

On se servait autrefois en France des *mesures de longueur* suivantes :

	mètres.
La toise = 6 pieds	1,94904.
Le pied de roi = 12 pouces	0,32484.
Le pouce = 12 lignes	0,02707.
La ligne = 12 points	0,00226.
Le point	0,00019.
Et par suite,	mètres carrés.
La toise carrée = 36 pieds carrés	3,7987.
Le pied carré = 144 pouces carrés	0,1055.
Et	mètres cubes
La toise cube = 216 pieds cubes	7 , 4039.
Le pied cube = 1728 pouces cubes	0,03428.

Anciennes mesures itinéraires.

Lieue commune, de 25 au degré	2280 toises = 4.444 mètres.
Lieue marine, de 20 au degré	2850 toises = 5.556 mètres.
Lieue de poste	2000 toises = 3.898 mètres.
Mille géographique ou mille marin	950 toises = 1.852 mètres

Mesures de longueur spéciales.

Perche des eaux et forêts	22 pieds = 7m,1465.
Perche de Paris	18 pieds = 5m,8471.
Aune de Paris	3 pieds 7 pouces 10 lignes = 1m,188.
Brasse de la marine	5 pieds = 1m,6242.
Encâblure	100 toises = 194m,904.

Mesures de superficie.

	mètres carrés.
Perche (des eaux et forêts) carrée = 484 pieds carrés	51,07.
Perche (de Paris) carrée = 324 pieds carrés	34,19.
Arpent (des eaux et forêts) = 100 perches carrées	5.107
Arpent (de Paris) = 100 perches carrées	3.419.

Mesures de solidité et de capacité.

	mètres cubes
Solives de charpente = 3 pieds cubes	0,10283.
Corde des eaux et forêts = 2 voies de Paris	3stère,839.
La voie de Paris	1stère,920.
Muid de blé = 12 setiers	1.872 litres.
Setier = 12 boisseaux	156 litres.
Boisseau = 16 litrons	13 litres.
Litron	0litre,8125.
Muid de vin = 288 pintes	268litre,21.
Pinte	0litre,931.

Anciens poids.

	kilogrammes.
Tonneau = 2.000 livres.	979,01.
Quintal = 100 livres.	48,95.
Livre = 2 marcs.	0,4895.
Marc = 8 onces.	0,24475.
Once = 8 gros.	0,03060.
Gros = 3 deniers ou scrupules = 72 grains.	0,00383.
Grain.	0,000053.
Carat de joaillier = 4 grains.	0,000212.
Carat des essayeurs, 1/24 du tout ou 0,04167, se divise en 32 parties.	
Deniers des essayeurs, 1/12 du tout ou 0,08333, se divise en 24 grains.	

ÉTRANGER (PRINCIPAUX POIDS ET MESURES).

Mesures itinéraires.

		mètres.	
ANGLETERRE.	Mille.	1.609	1.760 yards.
	Furlong.	201	220 yards.
AUTRICHE.	Mille.	7.586	4.000 toises.
ESPAGNE.	Lieue royale.	7.066	25.000 pieds.
	Lieue commune.	5.596	19.800 pieds.
HOLLANDE.	Mille.	5.856	20.692 pieds.
MILANAIS.	Mille.	1.654	
PRUSSE.	Mille.	7.532	24.000 pieds.
RUSSIE.	Werste.	1.067	500 sagènes.
SAXE.	Mille.	9.074	1.600 aunes (ellen).
TURQUIE.	Mille ou berri.	1.670	

mesures de longueur.

		mètres.	
ANGLETERRE.	Pied.	0,3048	1/11 de perche, 1/16 de fathom, 1/3 de yard, 12 pouces, 120 lignes, 1.200 parties.
AUTRICHE.	Pied.	0,3161	1/6 de toise (klaster). 12 pouces, 144 lignes. 1.728 points.
BADE. HESSE-DARMSTADT	Pied.	0,2500	10 pouces, 100 lignes, 100 points.
BAVIÈRE.	Pied.	0,2918	1/10 de perche, 1/16 de toise, 12 pouces, 144 lignes.
BERNE.	Pied.	0,2932	1/10 de perche, 1/8 de toise, 12 pouces.
DANEMARCK.	Pied.	0,3126	1/10 de perche, 1/6 de corde, 1/12 d'aune, 12 pouces, 144 lignes.
ESPAGNE.	Pied.	0,2826	1/2 de stade, 1/5 de pas, 1/3 de vare, 4/3 de gr. palme 4 petites palmes, 12 pouces, 16 doigts, 192 lignes 2.304 parties.
HANOVRE.	Pied.	0,2920	1/16 de perche, 1/6 de toise, 1/2 aune, 12 pouces, 96 huitièmes, 144 lignes.
HOLLANDE.	Pied.	0,2830	1/13 de perche, 1/6 de brasse, 3 palmes, 11 pouces, 264 quartes.
NAPLES.	Palme.	0,2628	1/8 de canne, 2/15 de pas, 12 onces, 60 minutes.
NUREMBERG.	Pied.	0,3038	1/16 de perche, 12 pouces, 144 lignes, 1.728 points.
PORTUGAL.	Palme.	0,2126	1/10 de brasse, 1/5 de vare, 1/3 cavado, 8 pouces.
PRUSSE.	Pied du Rhin.	0,3138	1/12 de perche, 1/6 de brasse (lachter), 12 pouces, 144 lignes.
ROME.	Palme.	0,2234	1/10 de canne.
	Pied.	0,2946	
RUSSIE.	Pied.	0,3048	1/7 de sagène, 7/3 d'archine, 12 pouces 120 lignes. — L'archine ou aune est partagée en 16 vershoks, le vershok en 1/2, 1/4 et 1/8.
SUÈDE.	Pied.	0,2958	1/6 de perche, 1/6 de corde, 1/2 aune, 12 pouces, 144 lignes.
TOSCANE.	Pied.	0,5482	1/3 de pas, 1/4 de canne, 1/5 de cavezzo.
TURIN.	Pied liprando.	0,5137	1/6 de trabucco, 1/2 pied ordinaire, 12 onces, 144 points 1.728 atômes
TURQUIE.	Grand pick.	0,6690	
	Petit pick.	0,6479	
VARSOVIE.	Pied.	0,2978	1/10 de perche, 1/6 de toise, 1/2 aune, 12 pouces, 144 lignes.
ZURICH.	Pied	0,3014	1/10 de perche, 12 pouces, 144 lignes.
WURTEMBERG.	Pied.	0,2865	1/10 de perche, 10 pouces, 100 lignes, 1.000 points.

Mesures de superficie anglaises.

	mètres carr.	
Yard carré.	0,8370	
Rod.	25,2920	Perche carrée.

	ares.	
Rood.	10,1168	1.210 yards carrés.
Acre.	40,4671	4.840 yards carrés.

Mesures de capacité.

		litres.	
Angleterre.	Gallon.	4,5434	1/256 de chaldron, 1/64 de quarter, 1/24 de sack, 1/8 de buschel, 1/2 peck, 4 quart, 8 pint.
Autriche.	Tonne, ...	120,0	3,80 pieds cubes.
Prusse.	Tonne.	223,0	7 1/9 pieds cubes.
Russie.	Vedro.	12,3	8 schtoffs, 10 krushkas, 100 tcharkis.
	Tchetwert.	209,6	8 tchetvérics, 64 garnetz.

Poids.

		kilogr.	
Angleterre . . .	Livre troy.	0,3731	12 onces, 240 pennyweights, 5,760 grains.
	Livre avoir du poids.	0,4534	1/2240 de tonne, 1/112 de quintal, 16 onces, 256 drams.
Autriche.	Livre.	0,5600	1/100 de quintal, 16 onces, 32 loth, 128 drachmes, 512 pfennig.
Bade. . . . . Hesse-Darmstadt	Livre.	0,5000	Division décimale.
Bavière.	Livre.	0,5611	1/100 de quintal, 32 loth.
Belgique.		» »	Poids et mesures métriques.
Berne.	Livre..	0,5201	1/100 de quintal, 16 onces, 32 loth.
Danemarck. . . .	Livre.	0,4993	1/100 de quintal, 32 loth.
Espagne.	Livre de Castille. . .	0,4603	1/50 de quintal macho, 1/100 de quintal, 1/25 d'arrobe, 2 marcs, 16 onces, 256 drachmes, 9.216 grains.
Hanovre.	Livre.	0,4895	1/112 de quintal, 1/14 de liespfund, 2 marcs, 16 onces 32 loth.
Hollande.. . . .	Livre troy.	0,4920	
	Livre du commerce. .	0,4939	Toutes les mesures remplacées aujourd'hui par le système métrique.
Naples.	Rototo.	0,8910	1/100 de cantaro, 3/31 de staro, 25/9 de liv., 331/3 onces.
	Livre.	0,3208	12 onces, 360 trapezi.
Portugal	Livre.	0,4590	1/128 de quintal, 1/32 d'arrobe, 2 marcs, 16 onces, 128 outavas.
Prusse.	Livre.	0,4585	1/10 de quintal, 2 marcs, 32 loth. . . . .
Rome.	Livre.	0,4090	1/1000 de gr. cantaro, 1/10 de pet. cantaro, 12 onces, 288 deniers, 6.912 grains.
Russie.	Livre.	0,4095	1/400 de berkovetz, 1/40 de poud, 96 zolotnics, 926 de leis ou parties.
Saxe	Livre.	0,4670	1/110 de quintal, 32 loth, 128 drachmes, 512 pfennig.
Suède.	Livre.	0,4251	. . . . .
Toscane	Livre.	0,3395	12 onces, 288 deniers, 6.912 grains.
Turin.	Livre.	0,3690	1/25 de rubbio, 12 onces, 96 octaves, 288 deniers.
Turquie.	Rottel.	0,6378	. . . . .
Varsovie.	Livre.	0,4050	1/160 de quintal, 32 loth.
Wurtemberg. . . .	Livre.	0,4676	32 loth, 128 drachmes.
Zollverein (union des douanes allem.). .		» »	Poids métrique.
Zurich.	Livre.	0,5284	1/100 de quintal, 18 onces, 36 loth.
	Livre pour les soieries.	0,4697	2 marcs, 16 onces, 32 loth.

MONNAIES.

Nous terminerons cet article en donnant la valeur des principales monnaies françaises et étrangères, laquelle aurait dû se trouver à la fin de l'article MONNAIE.

Monnaies françaises.

Les monnaies françaises d'or et d'argent sont au titre de 0,900 ; la tolérance du titre est de 0,002 pour l'or, et de 0,003 pour l'argent ; la valeur de l'or est à celle de l'argent :: 15 1/2 : 1. Ces monnaies sont les suivantes :

		Poids légal.	Poids d'après la tolérance.	
			minimum.	maximum.
		grammes.	grammes.	grammes.
Or.	Pièce de 40 fr.	12,903	12,877	12,929
	— 20 fr.	6,452	6,414	6,465
Argent.	— 5 fr.	25,000	24,925	25,075
	— 2 fr.	10,000		
	— 1 fr.	5,000		
	— 0,50.	2,500		
	— 0,25.	1,250		
Cuivre.	Décime. . 0,10.			
	Sou. . . . 0,05.			
	Centime.. 0,01, ...			

La livre tournois = 20 sous = 240 deniers = 0fr,9877.

Monnaies étrangères.

			francs.	
ANGLETERRE		*Or.* Guinée (21 shillings).	26,41	Demi, tiers, quart de guinée.
		Argent. Couronne ou dollar.	6,39	5 shillings.
		On compte par liv. sterl.. .	25,15	20 shillings, 240 pences.
AUTRICHE. . .		*Or.* Ducat.	11,86	
		Argent. Florin de convention (C. M.)	2,55	Demi reichsthaler, 60 kreutzers.
		On compte, soit par florin et kreutzers de convention, soit, le plus souvent, par florin wiener wahrung (W. W.), qui est les 2/5 du florin de convention, et se subdivise de même.		
BADE. . . . } BAVIÈRE . . } WURTEMB. . }		*Argent.* Florin	2,14	60 kreutzers.
BELGIQUE. . .		Monnaie française.	»	
DANEMARCK. .		*Or.* Ducat de convention. .	9,47	
		Argent. Rixdale.	5,66	6 marcs, 96 shillings.
ESPAGNE . . .		*Or.* Pistole	20,70	2 écus, pièces de 2 et 4 pistoles.
		Argent. Piastre	5,43	5 piécettes, 20 réaux de veillon.
		On y compte par réal de veillon.	0,27	34 maravédis.
ETATS-UNIS. .		*Or.* Double aigle	54,80	10 dollars, aigle, demi-aigle.
		Argent. Dollar	5,48	Demi, quart de dollar.
		On y compte par dollars de 100 cent., ou par liv. sterl., comme en Anglet.		
HAMBOURG . .		*Or.* Ducat.	11,76	
		Argent. Reichsthaler . . .	5,78	3 marcs, 48 sous banco, 60 sous courants, 48 shillings.
HOLLANDE . .		*Or.* Ducat.	11,93	Double ducat . . . } Ne sont plus en usage.
		Ryder.	31,65	
		Pièce de 20 florins. .	43,14	Pièce de 10 florins. }
		Argent. Florin	2,15	Se divise en 20 sous, 320 pfennig, 240 gros, 100 cents.
		Ryksdaelder . . .	5,48	2 florins et demi, 50 sous.
NAPLES		*Or.* Once de 3 ducats . . .	12,99	Pièces de 15 et 30 ducats.
		Argent. Pièce de 12 carlins.	5,10	Pièces de 2 carlins, 1 carlin.
		Ducat.	4,25	10 carlins.
ITALIE. { PIÉMONT . . / TOSCANE . . / LOMBARDIE. }		Système métrique. Lira.	1,00	Pièces de 5 livres, — 20 livres.
PORTUGAL. . .		*Or.* Portugaise	45,27	6.400 reis, 64 testons.
		Lisbonienne.	33,96	4.800 reis.
		Argent. 100 reis	6,12	
		Cruzade	2,94	480 reis.
PRUSSE . . . } SAXE . . . . }		*Or,* Ducat.	11,80	
		Argent. Thaler	3,75	24 bons gros, 30 nouv. gros ou silbergros, 36 marien gros
ROME.		*Or.* Pistole	17,27	
		Séquin	11,80	
		Argent. Écu.	5,38	10 paolis, 100 baïoques.
RUSSIE. . . .		*Or.* Impériale	41,29	10 roubles, pièce de 5 roubles.
		Ducat.	11,59	
		Argent. Rouble	4,00	100 copeks.
		On compte, soit par rouble argent (4 f), soit par rouble papier (2/7 du précédent).		
SUÈDE.		*Or.* Ducat.	11,70	
		Argent. Reichsthaler . . .	5,75	48 shillings à 12 pfennig.
SUISSE		*Or.* Pistole	23,16	2 ducats, 16 franken.
		Argent. Écu de 40 batz. .	5,90	
		Pièce de 4 franken.	6,00	4 franken à 20 sous.
TOSCANE . . .		*Or.* Ruspone	36,04	3 séquins.
		Rosine	21,14	
		Argent. Écu de 10 pauls .	5,60	
		Pièce d'une livre .	0,85	
		On compte par livres de 20 sous à 12 deniers.		
TURQUIE . . .		*Or.* Séquin	7,30	
		Argent. Piastre	2,00	4 roubles, 40 paras, 120 aspres.
ZOLLVEREIN (associat. des douanes allem.)			»	Double thaler, 2 thalers de Prusse, 3 florins 1/2 du Rhin, 2 florins 11/12 d'Autriche (C. M.), 7 fr. 50 c

POIDS SPÉCIFIQUE. Voyez **DENSITÉ**.

POIVRE (*angl.* pepper, *all*, pfeffer). Fruit d'un arbrisseau sarmenteux, qui a la forme d'une petite boulette rougeâtre devenant noire et ridée: ces fruits sont disposés par dix ou vingt en forme de grappes. L'arbrisseau qui les produit est originaire des Moluques, et est maintenant cultivé sur la côte de Malabar, à Java, à Sumatra, etc. La saveur du poivre est aromatique et piquante; on s'en sert comme assaisonnement.

Le *poivre long* ou *piment* est une toute autre plante, cultivée dans nos pays. Les graines sont réunies dans une baie souvent conique et rouge; sa saveur est plus âcre et plus brûlante que celle du poivre ordinaire. On l'emploie dans la préparation des cornichons.

POIX (*angl.* pitch, *all.* pech). Voyez **BITUME**, **GOUDRON** et **TÉRÉBENTHINE**.

POLISSAGE. Pour polir les surfaces des corps, on les frotte avec des corps au moins aussi durs qu'eux et à grains très-fins. On se sert de **BRUNISSOIRS** en acier pour polir les planches de cuivre, de brunissoirs en agate ou en silex pour lisser les pièces d'argenterie, les bijoux, les étoffes, les papiers marbrés et glacés, etc. Les diamants, saphirs et autres pierres dures sont polis avec de l'*égrisée* ou poudre de diamant. Avant de polir un ouvrage, on doit en faire disparaître les principales inégalités avec des limes, des gratoirs, de la ponce, du tripoli, de la terre pourrie, du rouge d'Angleterre, de l'émeri, de la potée d'étain, du grès, etc. Souvent on polit deux surfaces planes à la fois, en les frottant l'une sur l'autre avec interposition de grès ou d'émeri de plus en plus fin (glaces); comme ces opérations se font en grand, on les exécute par des procédés mécaniques.

POLYGONUM TINCTORIUM. Voyez **INDIGO**.

POLYTYPIE. La polytypie est un procédé de reproduction en métal des gravures sur bois, qui s'applique surtout aux dessins de faible dimension (pour les autres on emploie les procédés de **STÉRÉOTYPIE** au moyen du plâtre). Ces procédés ont beaucoup d'analogie avec ceux de la fonderie en caractères.

1° *Fabrication de la matrice.* — On fixe la gravure sur bois, dont on veut avoir une matrice, dans une espèce de timbre sec, à l'extrémité d'une vis à filet carré qui monte ou descend dans son écrou, et qu'on fait mouvoir au moyen d'un balancier horizontal, garni de deux poids aux extrémités. — Dans un petit auget placé au-dessous de la vis, on verse du plomb durci par un peu de métal à caractères, peu chaud, qu'on agite jusqu'à ce qu'il devienne pateux. Dans cet état, au moment où il va se solidier, le métal a perdu presque toute sa chaleur latente, c'est-à-dire celle qui se dégage quand un corps passe de l'état liquide à l'état solide. On fait alors descendre rapidement la vis, et le bois gravé frotté de sanguine vient choquer brusquement le métal. Celui-ci chasse violemment l'air des creux dans lesquels il pénètre et se solidifie instantanément. La chaleur dégagée n'est pas assez grande pour attaquer le bois, à moins que celui-ci n'ait gardé de l'humidité en un point; ce qui ne devrait guère arriver, car le bois qu'on emploie est toujours très-sec, cependant les ruptures sont assez fréquentes. Tandis que dans les procédés ordinaires de la fonte, c'est la liquidité du métal qui lui permet d'entrer dans les plus petits intervalles, ici c'est la pression qui le chasse, et qui permet de l'employer à un état intermédiaire entre l'état liquide et l'état solide, ce qui, comme nous l'avons dit, évite un trop grand dégagement de chaleur. On obtient ainsi une matrice en plomb, qui ne pourrait servir pour prendre l'empreinte avec le métal liquide, mais qui pourra servir à répéter l'opération précédente.

2° *Fabrication du relief.* — On porte cette matrice en plomb au clichoir, qui consiste essentiellement dans un mouton glissant entre deux rainures, et sous lequel on fixe avec des vis horizontales la matrice en plomb. Le mouton est suspendu par une corde qui permet de donner la force de percussion convenable, en variant la hauteur de la chute. Cette corde s'enroule sur un cylindre, qui devient libre quand on agit sur un petit embrayage, effet qui se produit quand on abaisse le verrou qui ferme le devant du clichoir. Cette partie antérieure consiste en une double porte de tôle pour arrêter la matière qui est projetée en tout sens. Pour obtenir le cliché, on verse sur du papier gris du métal convenable, on l'agite jusqu'à ce qu'il arrive à l'état pâteux; le plaçant alors à l'endroit où doit tomber la matrice, on ferme le clichoir, et poussant le verrou, le mouton tombe. L'empreinte se trouve très-bien prise, on la détache de la matrice avec un canif; elle n'est qu'un peu plus épaisse que la profondeur d'œil de celle-ci, puisque le métal a été projeté horizontalement sur les côtés.

Pour monter ces clichés peu épais sur un support, afin qu'on puisse les intercaler dans le texte au milieu des caractères ordinaires, on prépare des bandes de bois de hauteur convenable et d'une épaisseur égale à la force de corps du caractère diminuée de celle du cliché. On adapte le cliché sur le bois au moyen de petites pointes qu'on loge dans le creux, puis on scie le bois et on le dresse des deux côtés de manière à avoir une approche convenable. Au moyen du tour ou du rabot on met le tout bien exactement de hauteur et d'équerre sur toutes ses faces.

L'emploi du bois offre l'inconvénient que les lessivages qui ont lieu sur les formes tendent à déranger les hauteurs et l'aplomb par le gonflement qui en résulte. On peut employer avec avantage un procédé que nous avons expérimenté d'après l'exemple des fondeurs anglais et qui nous a fourni des résultats satisfaisants.

On fond un bloc creux ayant l'apparence d'une masse pleine, mais évidé intérieurement de manière à ce que son poids soit le moindre possible, tout en ayant une résistance suffisante pour le serrage de la forme. Sur ce bloc fondu de hauteur nous soudons le cliché à une température assez basse pour ne pouvoir le fondre, au moyen d'alliage fusible mélangé d'un peu de mercure, pour que les surfaces soient bien attaquées. L'adhérence est parfaite et ne cède jamais au tirage quand on a bien opéré. On peut parvenir au même résultat, sans alliage, en fondant le bloc sur le cliché posé à plat et maintenu entre deux équerres, en versant directement le métal de manière à fondre le pied du cliché seulement.

Le procédé de polytypie que nous venons de décrire est celui qui a toujours été employé jusqu'à la découverte de la **GALVANOPLASTIE**, qui fournit le moyen de mouler le cuivre à froid. Le cliché en cuivre, obtenu d'un creux en cire ou en gutta-percha avec un grand degré de pureté, dont les plats sont brillants et les arêtes extrêmement vives, est bien préférable à celui de plomb. Aussi, et c'est un grand progrès, les gravures sur bois ne se multiplient guère plus qu'en cuivre.

Nous avons donné, à l'article **IMPRESSION SUR ÉTOFFES**, les procédés un peu différents de ceux que nous venons de décrire, qui sont employés pour la reproduction des planches servant à l'impression des étoffes.

POMMES DE PIN. Les fruits ou cônes des arbres de la famille des conifères, et particulièrement du pin et du sapin, sont très-employés sous le nom de pommes de pin, lorsqu'ils sont secs, pour allumer le feu.

POMME DE TERRE (*solanum tuberosum*). La pomme de terre est le tubercule charnu d'une plante de la famille des solanées, dont l'adoption a été un progrès de l'agriculture moderne. Les modes de culture de la pomme de terre ont été décrits à l'article **AGRICULTURE**. Sous le rapport alimentaire, son importance est presque égale à celle des céréales; elle est aussi très-

POMPE.

employée pour la fabrication de la fécule dite *fécule de pommes de terre*, des eaux-de-vie et du *sirop de fécule* ou glucose, dont on consomme des quantités énormes en France, et surtout à Paris, pour faire des bières de qualité inférieure, etc. Voyez AMIDON, BIÈRE, FÉCULE et SUCRE.

POMPE (*angl.* pompe, *all.* pumpe). Les pompes sont les machines les plus généralement employées pour élever les eaux. L'utilisation de la pression atmosphérique qui presse d'une manière continue la surface de l'eau à élever, assure le mouvement de celle-ci dans des conditions dynamiques excellentes, sans produire les chocs, les remous qui consomment beaucoup de travail dans tous les systèmes où l'on cherche à enlever l'eau en soulevant les capacités servant à la puiser.

Les parties principales des pompes consistent en tuyaux donnant passage à l'eau, dont l'un, de plus grande dimension que les autres, constitue le corps de pompe que parcourt un piston mû d'un mouvement rectiligne alternatif. Des soupapes servent à permettre le mouvement de l'eau dans un sens et à l'empêcher dans le sens contraire. Disons d'abord un mot de ces organes des pompes.

Pistons. Les pistons devant glisser en fermant exactement le corps de pompe, un alésage parfait de celui-ci est donc une condition essentielle; toutefois, avec les garnitures élastiques généralement employées, elle peut être assez médiocre dans les pompes domestiques. C'est surtout par l'emploi, comme garniture, du cuir appliqué contre les parois du corps de pompe qu'on assure le bon fonctionnement du piston. Les figures 1 et 2 représentent les pistons les plus employés.

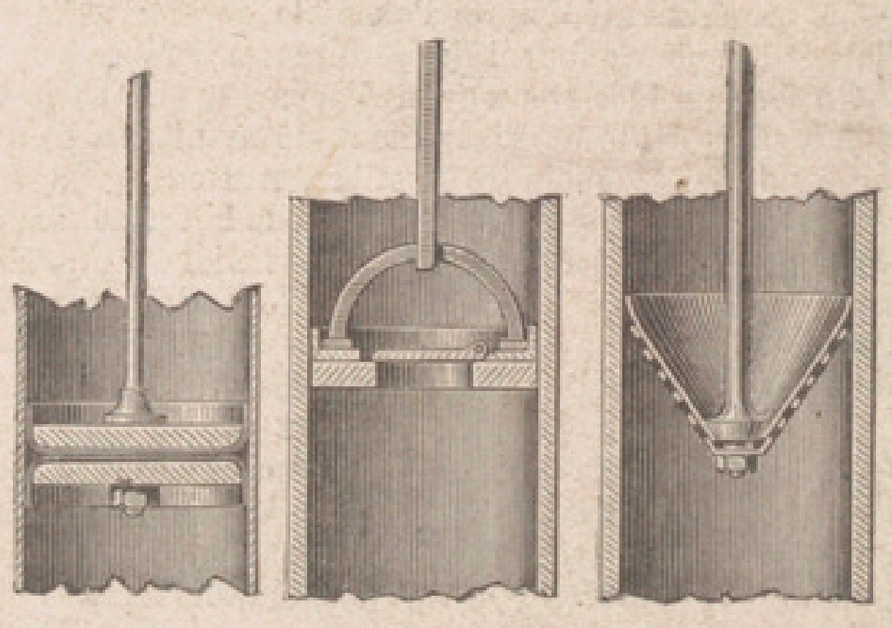


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

On ne doit pas exagérer outre mesure la largeur du cuir, car on augmenterait le frottement, et la largeur doit être réduite à celle nécessaire pour empêcher le passage de l'eau entre le piston et le corps de pompe.

La figure 3 représente un piston conique et flexible, avantageux pour certains travaux d'épuisement, dont nous parlerons plus loin.

Fait en bois dans beaucoup de pompes, un piston plat ne peut offrir un passage central à l'eau aussi grand que ceux faits en métal résistant, cause principale de la supériorité de ceux-ci.

Soupapes. Les soupapes sont des organes importants des pompes à mouvement alternatif, ceux qui influent le plus peut-être sur leur rendement. Elles doivent à la fois ouvrir un large passage à l'eau pour qu'elle puisse passer sans obstacle dans un sens, et au contraire fermer entièrement tout passage en sens opposé, conditions quelque peu contradictoires. Pour satisfaire à la première, la valve devrait avoir le même poids que l'eau qu'elle déplace, de manière à ne pas résister à l'eau ascendante, et sa présence ne devrait pas rétrécir l'aire du passage de l'eau. Or, on ne peut évidemment annuler ainsi complétement la soupape et son siége, mais seulement se rapprocher des conditions théoriques.

Les soupapes à tige, coniques ou sphériques (fig. 4 et 5), sont guidées dans leur mouvement d'élévation ou de descente par une tige traversant un coussinet directeur, qui fait qu'elle se replacent exactement dans la cavité destinée à les recevoir, pour former obturation complète. Un arrêt limite l'excursion de la soupape et son poids la ramène en place quand le mouvement ascensionnel de l'eau s'arrête.

Fig. 4.

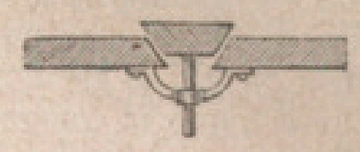


Fig. 5.

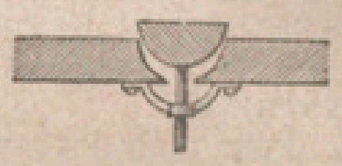


Fig. 6.

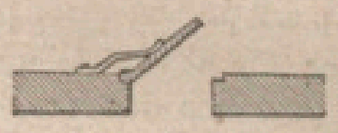
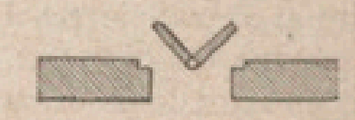


Fig. 7.



La soupape à charnière-guide ou clapet est formée d'une surface plane assemblée d'un côté avec la face sur laquelle elle s'appuie et dont la partie centrale laisse passage à l'eau (fig. 6). Si son poids ne doit pas suffire pour qu'elle se ferme d'elle-même, on fait agir un ressort sur elle, de haut en bas. Pour de très-gros tuyaux, la charnière est placée au milieu de l'ouverture et la soupape se partage en deux parties (fig. 7).

En utilisant l'élasticité naturelle du caoutchouc, on a construit des soupapes très-simples en cette matière, précieuse par son inaltérabilité par rapport à beaucoup de substances. Elles ont la forme des lèvres (fig. 8, 9 et 10),

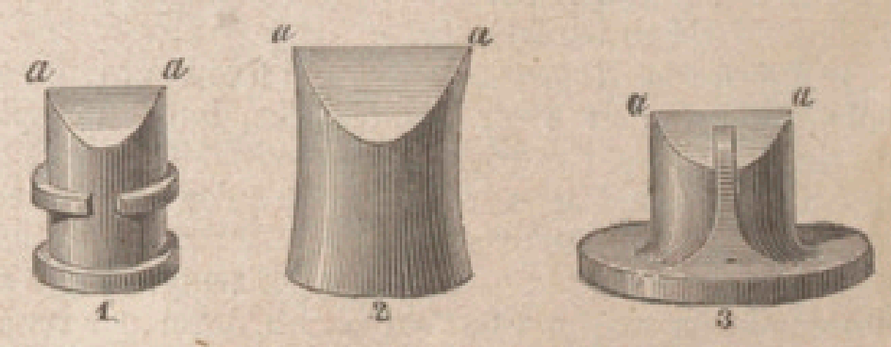


Fig. 8. Fig. 9. Fig. 10.

consolidées au besoin par des nervures, et réalisent en réalité des soupapes à double clapet, s'appuyant l'une sur l'autre de manière à former un angle aigu.

Les soupapes mobiles, plongées dans l'eau, peuvent être rendues très-légères en les faisant creuses; celles à charnières peuvent seules être disposées de manière à peu altérer la section du liquide en mouvement, puisqu'elles peuvent s'ouvrir en dehors de celle-ci, tandis que celles à tige, se mouvant perpendiculairement, obstruent toujours le passage du liquide. Au contraire, celles-ci ont l'avantage de pouvoir se mettre en mouvement avec la vitesse du liquide même, ce qui ne peut avoir lieu pour le clapet, qui se meut circulairement autour de l'axe de la charnière, et par suite les divers points de celui-ci se meuvent avec des vitesses différentes à partir de zéro. Il en résulte un remou considérable autour du clapet, et par suite une résistance tout à fait comparable à celle qui résulte de l'obstruction du tuyau par une soupape à tige, lors toutefois que la section du tuyau est suffisamment grande par rapport à la surface de la soupape.

Le clapet est encore inférieur à la soupape à tige, en ce que l'action de l'eau est moins directe pour le fermer; la quantité d'eau qui redescend avant la fermeture de

POMPE.

la valve croît, dans tous les cas, avec l'élévation que prend celle-ci.

Systèmes de pompes. Les pompes se divisent en deux classes, suivant que l'élévation de l'eau y est produite par l'application directe de la force motrice ou par la seule pression de l'atmosphère.

Pompes aspirantes et élévatoires. Dans les pompes aspirantes, le travail du moteur est appliqué à faire le vide, à retirer l'air du corps de pompe fermé de toutes parts, sauf vers le tuyau d'aspiration qui plonge dans l'eau à élever, qui supporte le poids de l'atmosphère pressant tous les corps qui existent à la surface de la terre; si donc on parvient à supprimer en un point la pression atmosphérique, à faire le vide, les corps en communication avec ce vide devront se mettre en mouvement sous l'effet de cette force, s'ils ne sont retenus par une résistance trop considérable.

C'est au moyen du mouvement rectiligne alternatif de la tige du piston qu'on parvient à faire un vide plus ou moins parfait dans l'espace qui communique avec le cylindre dans lequel est mû le piston (fig. 11).

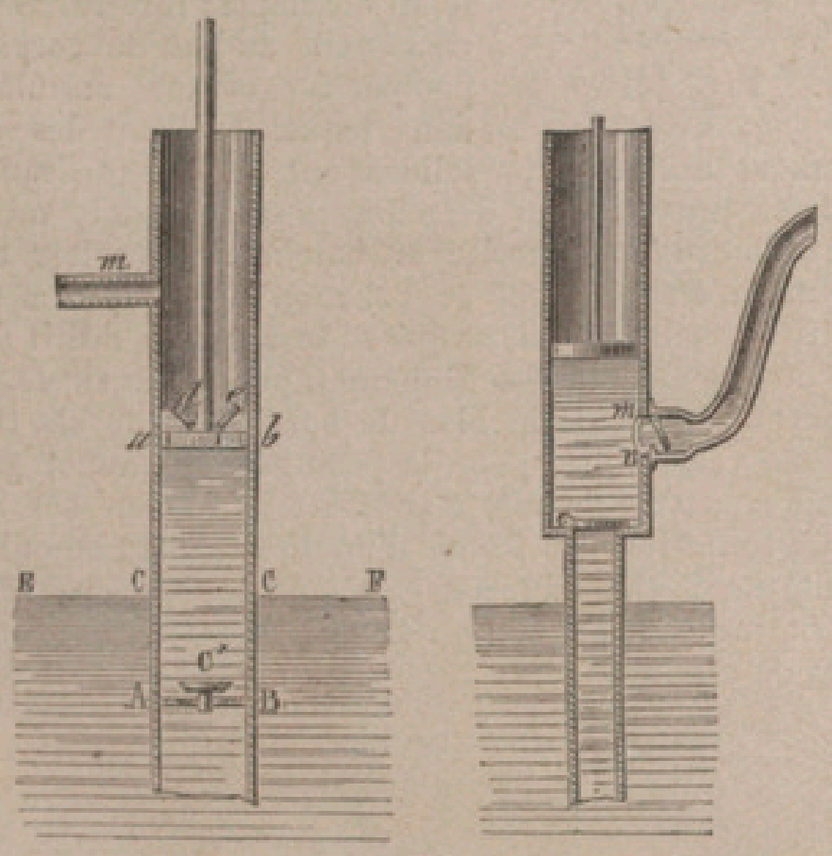


Fig. 11.

Le jeu de la pompe est facile à comprendre. Le piston étant à la partie supérieure du corps de pompe et l'eau dans le tuyau d'aspiration au même niveau que dans le réservoir, on abaisse le piston, l'air se trouve comprimé, la soupape du tuyau se ferme, celle du piston se lève, et l'air s'échappe par cette ouverture. Quand le piston est descendu jusque sur la base du corps de pompe, on élève le piston dont la soupape se ferme, et l'air contenu dans le tuyau d'aspiration est pressé par l'eau qui transmet la pression atmosphérique qu'elle supporte extérieurement. Cet air fait ouvrir la soupape du tuyau et se répand dans l'espace que le piston laisse libre en s'élevant. Sa force élastique diminue donc et ne peut plus faire équilibre à la pression atmosphérique. Il en résulte que l'eau s'élève dans le tuyau jusqu'à ce que la pression due à la colonne élevée, plus la pression due à l'air renfermé entre cette eau et le piston, fasse équilibre à la pression atmosphérique.

Le même effet se produit pour chaque coup de piston et l'eau s'élève pour chaque coup d'une nouvelle quantité dans le tuyau d'aspiration.

Après quelques coups de piston, l'eau pénètre dans le corps de pompe, et quand on abaisse ensuite le piston, l'eau traverse l'ouverture fermée par la soupape qui y est pratiquée. Puis quand on fait remonter le piston, la soupape se ferme et le piston élève avec lui l'eau qu'il supporte; cette eau sort du corps de pompe par une ouverture latérale percée au-dessus du point extrême de la course du piston. En même temps une nouvelle quantité d'eau s'introduit par l'ouverture du tuyau dont la soupape s'est levée.

a étant la surface du piston,

P la pression atmosphérique sur l'unité de surface, s'exerçant de bas en haut,

H la distance du piston au niveau de l'eau,

Le piston, en contact avec l'air, reçoit de haut en bas la pression P*a*, et de bas en haut la pression P*a* — *a*H; pour fonctionner, il faut qu'il surmonte la différence de ces deux quantités, ou *a*H, c'est-à-dire qu'il engendre le travail correspondant directement à l'élévation de l'eau, la pression atmosphérique ne servant ici que comme intermédiaire.

La pompe aspirante, devient en même temps élévatoire lorsque l'ouverture de déversement est à une hauteur notable au-dessus de la limite de la course du piston, et que celui-ci élève une colonne d'eau qu'on empêche de redescendre avec lui par le jeu d'une soupape placée au bas de ce tuyau d'ascension.

Il est clair que l'eau n'atteindrait pas le point correspondant à la limite supérieure de la course du piston, si sa hauteur au-dessus du niveau du réservoir surpassait la hauteur de la colonne d'eau à laquelle fait équilibre la pression atmosphérique, et qui est égale à 10^{m},40.

Dans la pratique, cette hauteur devra être moindre, parce qu'il existe toujours un espace nuisible sous le piston qui ne peut arriver au contact du fond du corps de pompe sans danger de rupture. De plus, il y a toujours quelque déperdition d'air ou d'eau entre le piston et le cylindre. On prend pour limite pratique une hauteur de 8 mètres.

Dans l'établissement des pompes, on observe les règles suivantes :

La vitesse des pistons doit être comprise entre 0^{m},16 et 0^{m},25 par seconde.

L'aire de l'ouverture masquée par les soupapes doit être la moitié environ de celle du corps de pompe.

Le diamètre du tuyau d'aspiration et celui du tuyau de conduite doivent être les deux tiers de celui du corps de pompe.

La course des pistons des grandes pompes doit être de 1 mètre à 1^{m},50.

La longueur que l'on peut donner aux tuyaux d'ascension n'a, pour ainsi dire, pas de limites. Ainsi les pompes établies à Huelgoet en Bretagne, par M. Juncker, élevaient l'eau d'un seul jet à une hauteur verticale de 230 mètres, et les pompes établies à Illsang, en Bavière, par Reichenbach, l'élève d'un seul jet à 365 mètres. Nous allons revenir, dans un instant sur l'emploi de ces pompes à l'épuisement des eaux des mines.

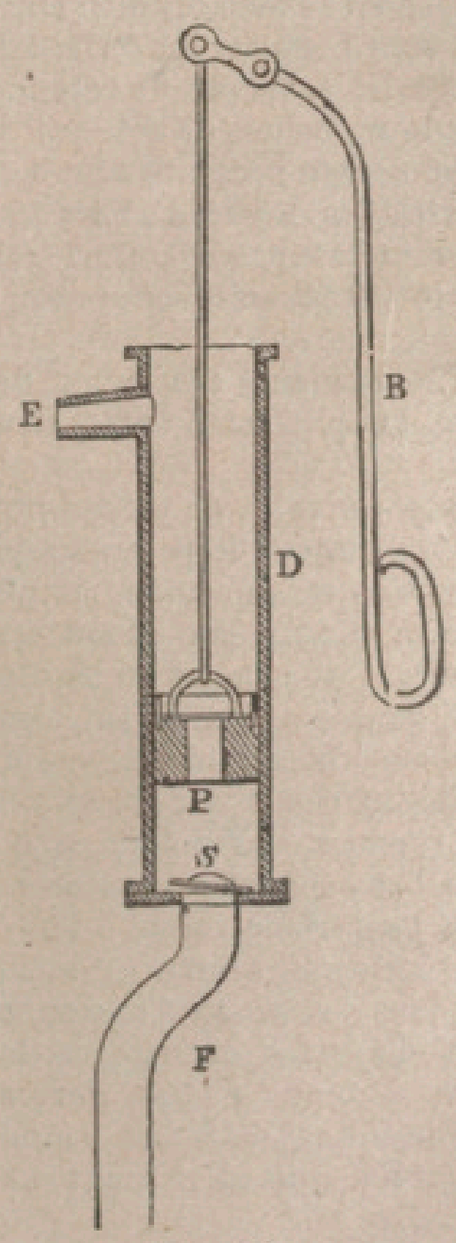


Fig. 12.

Pompes domestiques. Les pompes domestiques sont généralement des pompes élévatoires très-simples. La figure 12 représente celle de ces pompes qui est la plus employée; F est le tuyau d'aspiration; D, le corps de pompe; E, l'ajustage qui sert de dégorgeoir; P, le piston dont la tige est mue par la bringuebale ou levier

coudé B. Le tuyau d'aspiration se fait en bois lorsqu'il est droit, et le plus souvent en cuivre étamé ou en plomb; le corps de pompe se fait également en bois, en cuivre ou en plomb. Le piston P (fig. 13) est presque

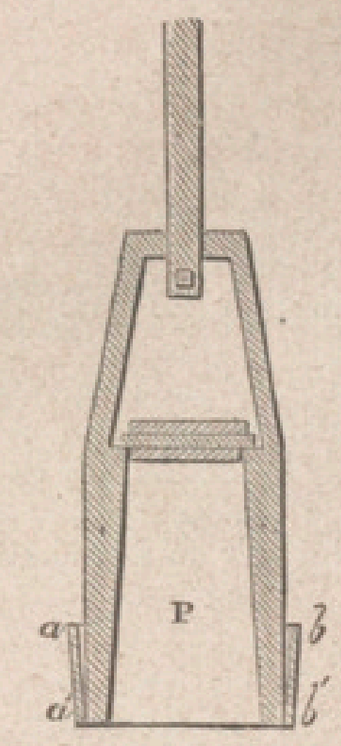


Fig. 13.

toujours en bois avec garniture en cuir *ab* en forme d'entonnoir qui, se trouvant chargé de toute la colonne d'eau, s'applique exactement contre les parois du corps de pompe; avec ce piston, il n'est pas nécessaire d'aléser le corps de pompe. Les soupapes sont des clapets en cuir, cloués par un de leurs bords sur un des côtés de l'ouverture qu'ils doivent fermer au besoin, et auxquels on donne la roideur nécessaire en clouant en dessus, et quelquefois en dessous, des rondelles métalliques.

Pompe des prêtres. Nous mentionnerons ici, comme curieuse la pompe dite *pompe des prêtres*, et qui est employée pour de petits mécanismes, comme dans les lampes mécaniques. Le corps de pompe est formé de deux cylindres assemblés à rainure et à languette. On pince dans la jointure les bords d'un manchon ou plutôt d'un sac de cuir mince et très-flexible, dont le fond est saisi entre deux plaques parallèles qui sont liées par un étrier à la tige oscillante, et qui portent les soupapes de retenue. Lorsque le piston se meut, le manchon de cuir qui se relie aux parois du corps de pompe présente tantôt sa concavité, tantôt sa convexité, au tuyau d'aspiration, suivant le sens du mouvement, et produit ainsi soit l'aspiration du liquide sous le piston, soit son passage au-dessus des soupapes de retenue.

Pompes d'épuisement. L'épuisement des eaux des mines qui exige les pompes les plus puissantes, dont nous allons parler.

Pour des épuisements temporaires, à de petites profondeurs, on se sert assez fréquemment de pompes aspirantes en bois d'une construction extrêmement simple, qui sont confectionnées sur la mine même et entretenues par les ouvriers boiseurs. Ces pompes se composent d'un tronc d'arbre foré, dont le diamètre intérieur est plus grand à la partie supérieure qui lui sert de corps de pompe qu'à la partie inférieure qui lui sert de tuyau aspirateur et qui est surmontée d'une soupape à clapet en cuir s'ouvrant de bas en haut; le piston est en bois, garni de chanvre à l'extérieur, creux à l'intérieur, et muni de soupapes à clapets s'ouvrant de bas en haut. On trouve encore dans beaucoup d'anciennes mines de pareilles pompes, disposées en cascade les unes au-dessus des autres; chacune d'elles déverse l'eau qu'elle élève dans une bâche ou réservoir, où elle est reprise par la pompe placée immédiatement au-dessus.

On emploie souvent dans les puits en creusement une pompe en bois, dont la fig. 14, qui représente une pompe construite à Huelgoet par M. Pernollet, donnera une idée : le corps de pompe est formé de deux

demi-cylindres de bois réunis par des frettes en fer, et est doublé intérieurement par un manchon en cuivre rouge laminé; *r*, *r*, sont des rainures circulaires ménagées dans le bois, et que l'on a remplies de mastic avant la pose du manchon en cuivre, auquel le mastic devient adhérent; B, est le tuyau aspirateur, joint au corps de pompe par un picotage très-serré *p p*, fait dans l'épaisseur du bois du corps de pompe; un tuyau court en bronze *k*, fixé sur les bords du tuyau aspirateur avec interposition d'une rondelle annulaire de cuir, porte le clapet *c*, formé d'un double cuir serré par un boulon entre deux rondelles de cuivre rouge. La rondelle supérieure porte un appendice destiné à prévenir le renversement du clapet; il reste, comme on le voit, au bas du corps de pompe un espace annulaire, dans lequel tombent les graviers et autres corps solides entraînés par l'eau, et qui ne peuvent pas demeurer sur les bords minces du cylindre *k*; on retire au besoin ces graviers avec la main en enlevant le bouchon X. Le piston, qui nous vient du Hartz, et qui se trouve déjà décrit dans les ouvrages de Jars et Duhamel, publiés au siècle dernier, se compose d'un bloc de bois percé de six trous évasés vers le bas pour le passage de l'eau, et garni d'une couronne de cuir clouée par le bas sur son contour; son clapet est formé d'un disque plein en cuir P, enfilé sur la tige du piston et retenu par un écrou. C'est en un mot une disposition analogue à l'âme des soufflets de cuisine.

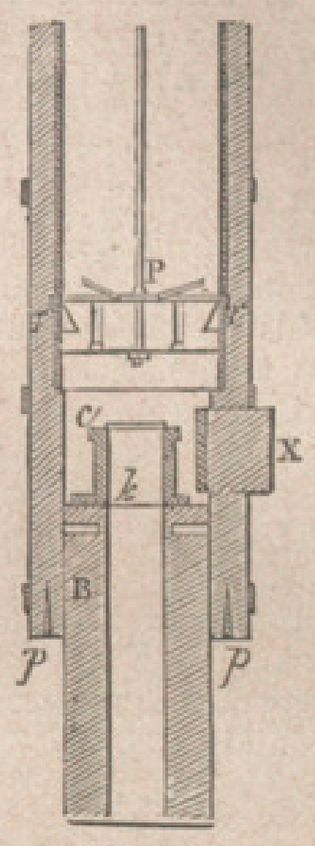


Fig. 14.

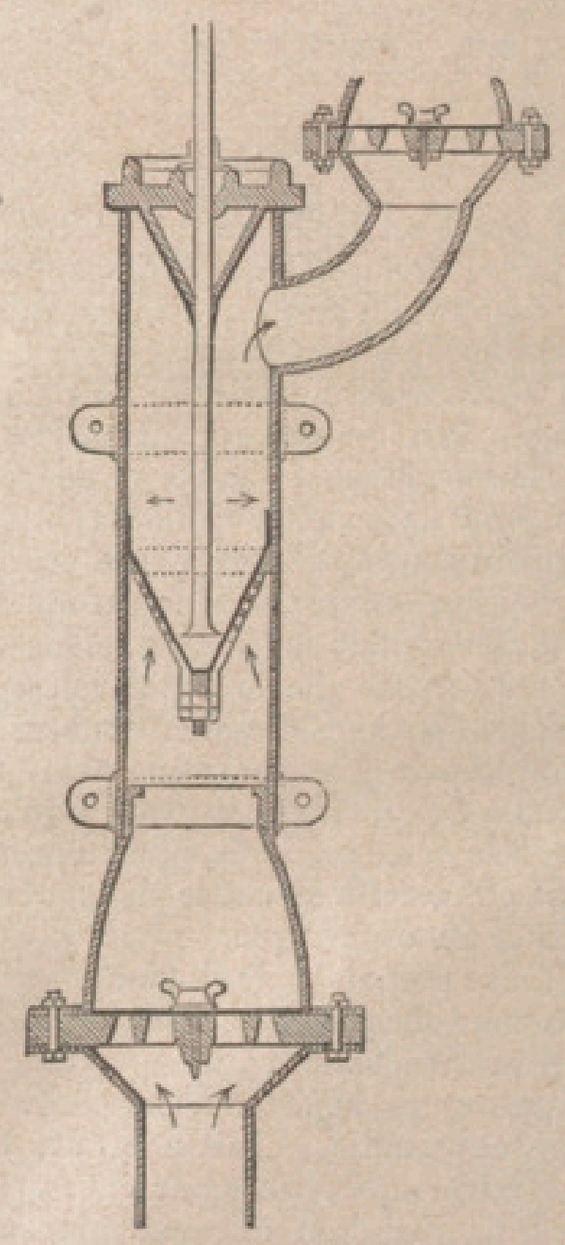


Fig. 15.

M. Letestu a inventé et exploité avec succès un système de pompes dont nous donnons le dessin fi-

gure 15, et qui est une modification de la pompe précédente. Au lieu de terminer les faces de son piston par des surfaces planes, il le forme avec un cône en cuivre percé d'un grand nombre de trous, et recouvert d'un cône en cuir préparé à la chaux et formant clapet. Le brevet de M. Letestu ne porte évidemment que sur la forme conoïde donnée à son piston; par suite, l'eau se présente obliquement à la direction des trous, tandis qu'il serait préférable qu'elle arrivât normalement à la surface du piston; aussi sommes-nous persuadé qu'on pourra construire des pompes au moins aussi bonnes que celles de M. Letestu, en adoptant des pistons plats comme ceux du Hartz. Quoi qu'il en soit, M. Letestu a le mérite d'avoir puissamment contribué à répandre en France l'usage des pompes de ce système, qui représentent, dans beaucoup de cas, et surtout pour l'enlèvement des eaux bourbeuses, ou chargées de sable et de corps durs, un avantage réel sous le rapport de leur prix peu élevé, de la facilité de leurs réparations et sous celui de l'effet produit.

Pour les épuisements à de grandes profondeurs, ou pour de grandes quantités d'eau, on se sert de pompes métalliques, qui sont de deux sortes, savoir: les pompes élévatoires à piston creux, et les pompes à piston plein.

Les pompes élévatoires à piston creux sont les plus anciennes; elles sont principalement employées dans les mines de houille du département du Nord et de la Belgique. Elles se composent d'un corps de pompe alésé, en fonte ou en bronze, d'un tuyau d'ascension placé au-dessus, et d'un tuyau d'aspiration placé au-dessous, et qui en est séparé par une *chapelle*, sorte de tuyau portant sur une de ses parois une porte amovible, qui sert à visiter et à réparer au besoin les soupapes d'aspiration et de retenue. Les tuyaux d'ascension ont un diamètre un peu supérieur à celui du corps de pompe, afin de pouvoir retirer au besoin le piston par la partie supérieure; ils sont composés de tuyaux cylindriques en fonte assemblés au moyen de brides plates, avec interposition de garnitures en étoupes goudronnées ou d'un disque de plomb. Lorsque la colonne a une grande hauteur, il convient d'imprégner ces tuyaux d'huile siccative au moyen de la pompe de pression, procédé peu coûteux, dû à M. Juncker. On peut ainsi élever d'un seul jet les eaux à 250 mètres, et même plus, de hauteur verticale. Les tiges des pistons sont ordinairement en bois, et, avec leurs armatures en fer, déplacent à peu près un volume d'eau égal au leur. Le piston est un cylindre métallique creux recouvert extérieurement d'une garniture en cuir, et surmonté de deux soupapes à clapets. La soupape dormante placée au sommet du tuyau d'aspiration est également formée de deux clapets; elle est tantôt invariablement fixée sur son siége, tantôt assez lourde pour être maintenue en place par son propre poids, et munie d'une anse qui sert à la retirer au besoin par la partie supérieure; enfin, c'est quelquefois une soupape cônique, entièrement métallique et rodée, ou une soupape à coquille.

Les pompes à piston plein sont de deux espèces: les pompes à piston remplissant la section entière du corps de pompe, et les pompes à piston plongeur; dans les deux cas, les tuyaux d'aspiration et d'ascension sont généralement placés sur la même verticale et séparés par la chapelle; ils sont munis à leur jonction avec celle-ci, de soupapes s'ouvrant de bas en haut; le corps de pompe communique avec la chapelle par un tuyau horizontal très-court.

Dans les *pompes à piston plein remplissant la section entière du corps de pompe*, et qu'il ne convient d'employer que dans les eaux limpides, le corps de pompe est alésé et ouvert à l'une de ses extrémités, ordinairement à la partie inférieure ; il n'agit alors qu'en remontant; la tige du piston traverse alors le fond supérieur du corps de pompe dans une boîte à étoupes, ou plutôt à cuir embouti; le piston est métallique, construit comme ceux des machines à vapeur à haute pression, et portant en dessous un disque en cuir retroussé vers le bas, dont le bord est serré contre les parois du corps de pompe par des liteaux poussés par des ressorts à boudins.

Pompes aspirantes et foulantes. Dans ces pompes le piston est plein (voir fig. 12), et l'eau s'échappe par un tuyau de dégorgement latéral aboutissant au corps de pompe à sa partie inférieure, et muni d'une soupape s'ouvrant également de bas en haut. Lorsque l'on veut avoir un jet d'eau continu, on adapte quelquefois, sur le tuyau d'ascension et au delà de la soupape de retenue, un réservoir d'air comprimé, dont le ressort rend le jet continu; il vaut mieux, pour les grandes hauteurs, employer deux pompes jumelles, mues par le même balancier, et foulant alternativement l'eau dans le même tuyau. On peut avec uu seul corps de pompe à piston plein, disposé comme les machines soufflantes à piston à double effet, faire aspirer et fouler le piston en allant et en venant, et obtenir ainsi un jet continu.

L'incompressibilité de l'eau se prête bien à l'envoi de l'eau à de grandes distances, à travers de longues conduites, dans des circonstances où les pompes élévatoires ne pourraient être employées. Elles conviennent tout particulièrement pour les distributions des eaux des villes et sont alors établies sur des proportions énormes, mues par des machines de 100 à 200 chevaux. (Voy. MACHINE A VAPEUR et EAUX.)

Dans les *pompes à piston plongeur* des machines d'épuisement (fig. 16) le corps de pompe AB n'est pas

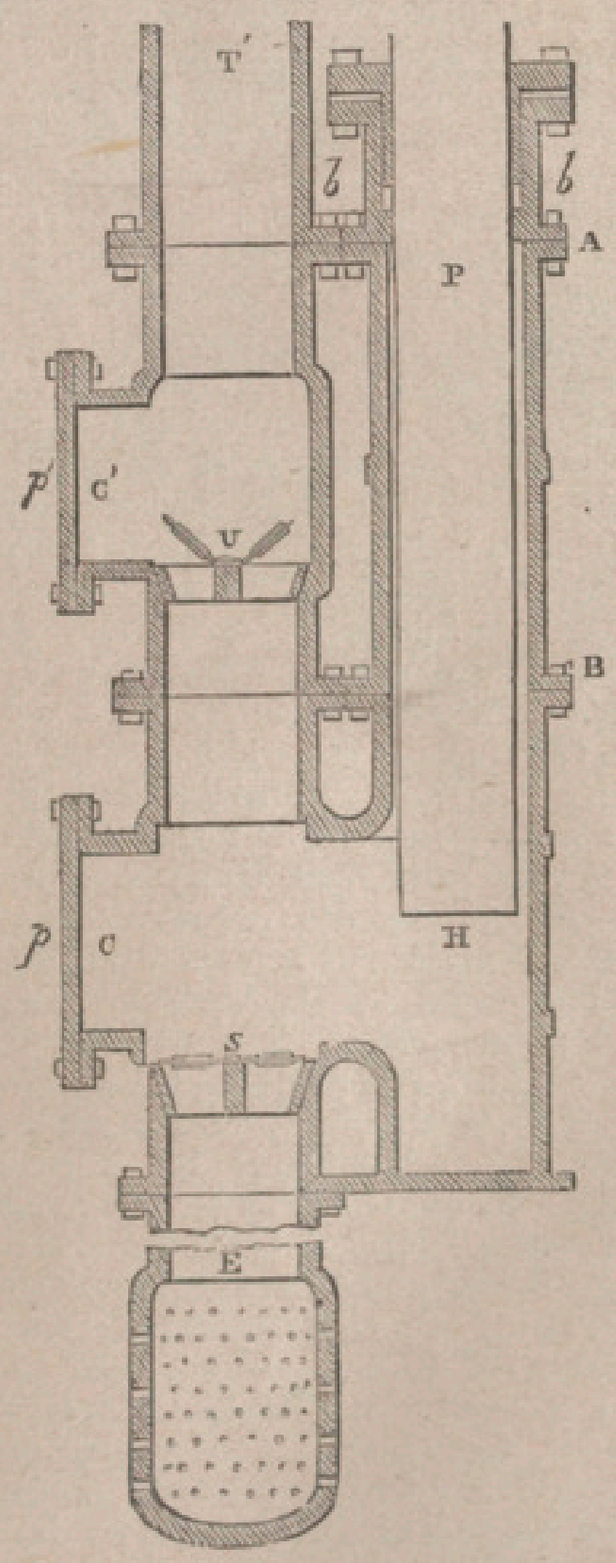


Fig. 16.

alésé; l'une de ses extremités H, est en communication avec la chapelle C, et l'autre se termine par

une boîte à étoupes *b b*, dans laquelle joue un piston cylindrique plein P, tourné à l'extérieur, et d'un diamètre de quelques centimètres plus faible que celui du corps de pompe. Pour alléger le piston plongeur, on le forme ordinairement avec un cylindre creux en bronze, fermé à ses extrémités par des fonds reliés par une tige en fer, fixée à la tige motrice, ou par une tige en bois qui le remplit exactement et qui y est solidement serrée. Suivant la disposition du corps de pompe, le piston plongeur refoule l'eau, soit en montant, soit en descendant. Ces pompes, dites de Cornouailles, importées d'Angleterre, présentent de grands avantages sur les pompes élévatoires pour de grandes profondeurs, alors que le cuir du piston fortement pressé par une haute colonne d'eau se détruit rapidement, et que la réparation est longue et peu commode; cette supériorité rend leur usage de plus en plus fréquent.

Lorsque les eaux des mines sont corrosives, ce qui arrive fréquemment, il convient d'employer des corps de pompe en bronze et d'imprégner, comme nous l'avons dit, d'huile siccative, les tuyaux en fonte destinés à former les colonnes pour l'aspiration et l'ascension des eaux. Lorsqu'on emploie dans ce cas des pompes à piston plongeur, on double alors souvent l'intérieur du corps de pompe avec des douves en bois.

Lorsque le tuyau d'aspiration plonge dans un puisard placé au fond du puits pour recevoir les eaux, on le termine par un panier à claire-voie E servant à empêcher les graviers d'être aspirés et de passer dans le corps de pompe.

Les soupapes que l'on emploie dans les pompes à piston plongeur sont ordinairement des soupapes à clapets. M. Juncker a employé avec succès à Huelgoët des soupapes qu'il nomme *soupapes-pistons*, et qui consistent en un porte-soupape métallique fixé sur le fond de la chapelle, ou entre deux collets, percé d'une ouverture cylindrique, alésée et rodée intérieurement, et légèrement évasée en dessus; un appendice venu à la fonte guide la partie inférieure de la tige de la soupape, qui est un disque métallique plat pourvu d'une tige venue à la fonte, qui se prolonge en dessus et en dessous, et qui est garni d'un chapeau renversé de cuir embouti et biselé, appliqué sur son contour et maintenu par des anneaux métalliques plats et des boulons à vis; c'est cette garniture en cuir qui ferme hermétiquement, en s'appliquant, par la pression de l'eau supérieure, contre la paroi interne de l'ouverture cylindrique du porte-soupape. Quand ces soupapes sont construites avec soin, elles tiennent l'eau parfaitement, et ne se détériorent qu'après un temps fort long.

MM. Harvey et West ont modifié les soupapes de Hornblower, employées dans les machines à vapeur du Cornouailles, pour les appliquer aux pompes de grandes dimensions. Nous allons décrire ces soupapes, qui conviennent parfaitement aux pompes d'un fort calibre, et qui sont souvent employées pour les pompes puissantes servant à élever les eaux destinées à desservir les fontaines, etc., pour les besoins des villes. La figure 17 est une section verticale de cette soupape fermée, et la figure 18 la représente ouverte; *c c*, est le siége en bronze, sur lequel et autour duquel se meut la partie mobile *d d*, également en bronze; les anneaux *e e*, *e' e'*, sont dressés avec soin, et s'appliquent exactement, quand la soupape est fermée, sur les parties *f f*, *f' f'*, du siége. La soupape s'ouvre à la fois par le haut et par le bas, lorsque les anneaux *e e*, *e' e'* abandonnent leurs siéges *f f*, *f' f'*. Les siéges sont venus à la fonte, ou formés de pièces en bois ou en métal tendre, rapportées et dressées avec soin dans tous les cas; *g g*, est un sillon annulaire ménagé sous le siége, et dans lequel on loge un anneau de cuir pour prévenir les fuites; *h h*, est un cylindre venu à la fonte avec le siége, te tourné, qui sert de guide à la partie *d d*; une saillie

métallique *i i*, ménagée sur le cylindre, glisse dans une rainure pratiquée dans *d d*, et l'empêche de tourner; un

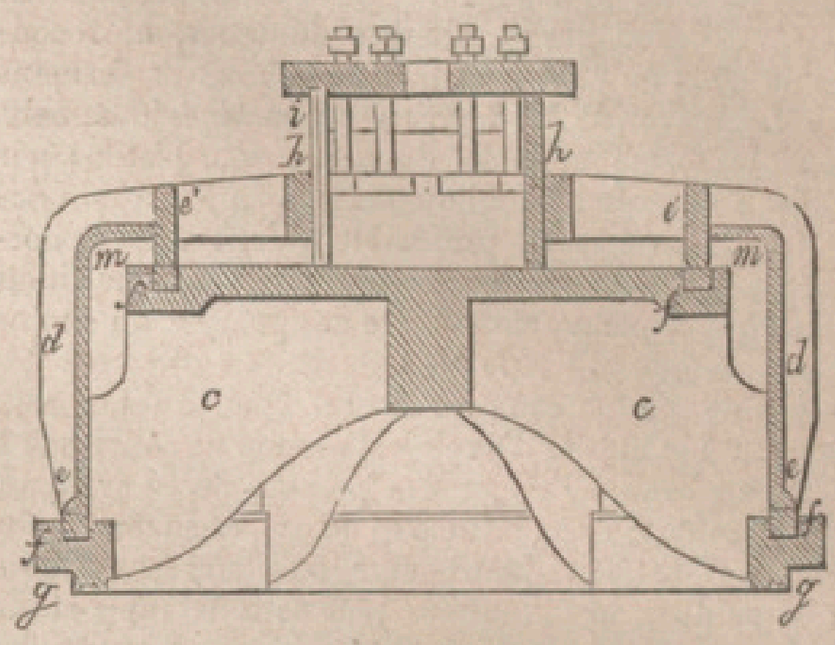


Fig. 17.

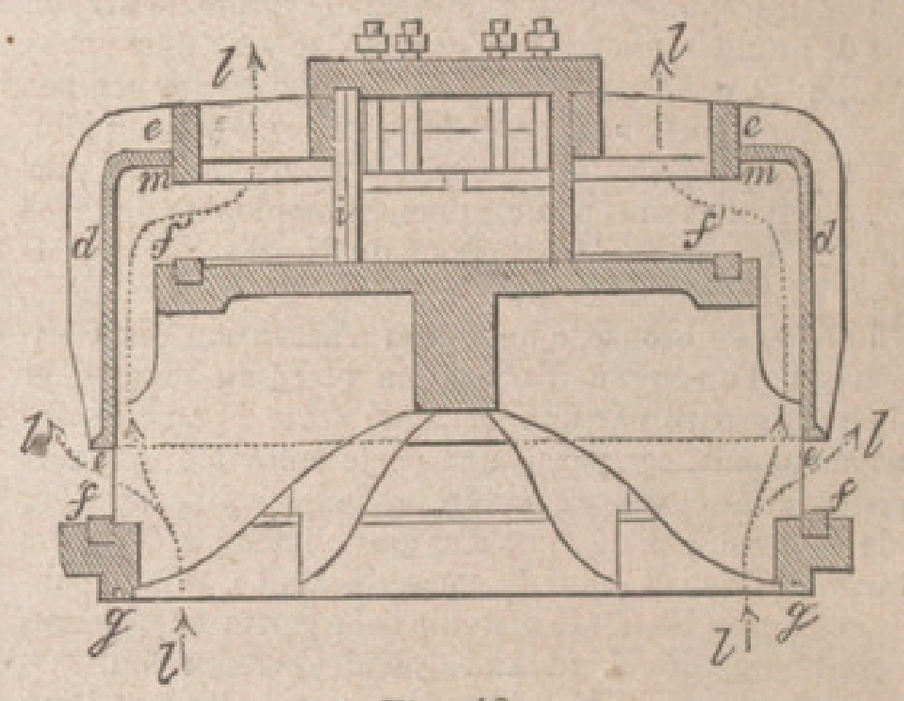


Fig. 18.

disque boulonné sur le cylindre sert à limiter l'excursion de la soupape dans le sens vertical; enfin, *m m*, est la portion annulaire de la valve, qui supporte la différence de pression qui a lieu des deux côtés de la soupape, par suite du jeu de la pompe.

Pompes mues directement par machines à vapeur. La machine à vapeur, la pompe à feu comme on disait à l'origine, ayant exactement le même mouvement qu'une pompe à eau, on peut monter les tiges des pistons aux deux extrémités d'un balancier, comme on le voit dans les pompes de Cornouailles (voyez MACHINES A VAPEUR) ou plus simplement encore monter sur une même tige le piston à vapeur et le piston à eau. On a construit ainsi non-seulement des pompes de petite dimension, mais encore de puissants appareils de distribution d'eau. Telle est celle établie par Farcot pour les eaux de la ville d'Angers, dans laquelle toutefois il a conservé le volant pour pouvoir employer de longues détentes, ce qui fait disparaître l'avantage d'extrême simplicité de cette disposition, mais au profit de l'économie de combustible.

Lorsque la question d'économie n'est pas en jeu, que par suite l'emploi de la détente importe peu, comme dans les machines employées, d'une manière discontinue, pour l'alimentation des chaudières, le système se réduit à deux pistons montés sur une même tige, l'un se mouvant dans un cylindre à vapeur, l'autre dans l'eau. Des taquets portés par la tige déterminent le mouvement des tiroirs.

Pompes rotatives et oscillantes. On a cherché à combiner des pompes qui pussent être mues directement par un mouvement autre que le mouvement rectiligne alternatif. Nous donnerons pour exemple les deux suivantes:

POMPE.

1° *Pompe de Bramah*, à mouvement circulaire alternatif (fig. 19).

ABC est le corps de pompe; le piston est ici PP', qui, agissant vers A, ferme la soupape *m* et ouvre la surface *n* en agissant comme pompe foulante, tandis que la soupape *p* est ouverte par le vide fait en arrière du piston, et la soupape *o* fermée par le poids de l'eau.

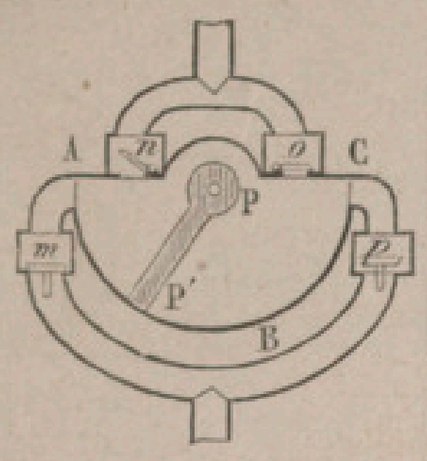


Fig. 19.

Dans le mouvement inverse, au contraire, le piston allant vers C, les soupapes *m* et *o* seront ouvertes et les soupapes *n* et *p* fermées, et l'ascension de l'eau continue. Ce système, vu la multiplicité des soupapes et la diversité des directions que l'eau doit prendre, d'où résultent des tourbillonnements et des contractions, ne peut servir que pour les cas où l'économie de la force motrice importe peu.

2° C'est surtout pour agir par rotation qu'on a multiplié les inventions de systèmes de pompes et appliqué à cet effet, avec peu de succès, la plupart des dispositions employées pour obtenir des MACHINES A VAPEUR ROTATIVES (voyez ce mot au *Complément*), car le problème à résoudre est le même, successivement emprisonner ou rendre libre la vapeur ou l'eau par l'effet d'une rotation. Nous ne décrirons ici que la *pompe de Dietz*, mue par mouvement circulaire continu (fig. 20). Un cylindre muni

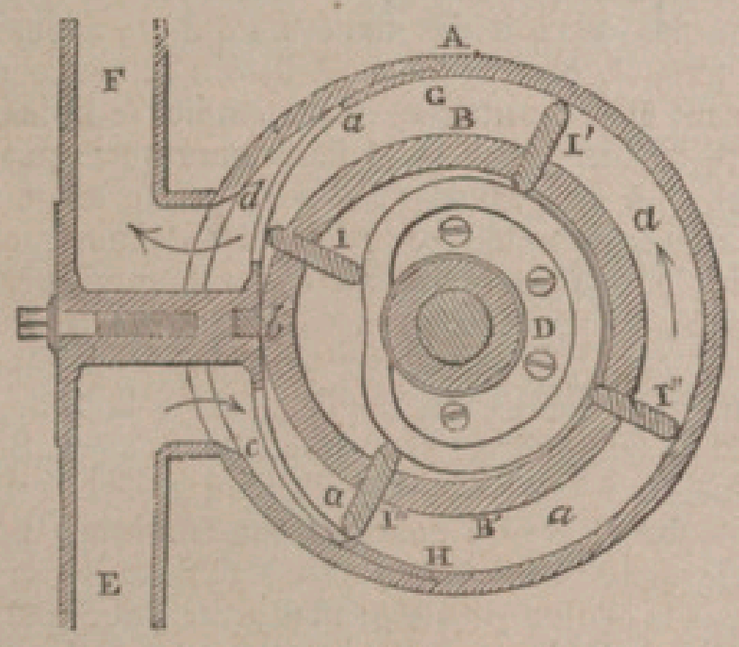


Fig. 20.

de palettes normales à sa surface et se mouvant dans un autre cylindre fixe, entraînera l'eau qui pourra être comprise entre les palettes. Le corps de pompe des pompes à piston y est remplacé par un tambour ou boîte cylindrique en cuivre ou en fonte A, qui contient entre les deux fonds une seconde boîte B, d'un moindre diamètre et sans couvercle, mobile autour d'un arbre tournant C muni d'une manivelle; à l'intérieur de la boîte B se trouve un excentrique D, fixé d'une manière invariable, au moyen de vis, sur les fonds du tambour A. Ce dernier renferme encore, du côté des tuyaux E et F, une large lame de fer G*b*H, qui est pressée en *b* contre la convexité de la boîte B, et qui est percée de deux ouvertures: par l'une *c*, l'eau passe du tuyau d'aspiration E, dans l'intervalle *aa*, qui existe entre les deux boîtes; et par l'autre *d*, elle entre dans le tuyau d'ascension F. Enfin, la boîte B présente, dans toute son épaisseur, quatre entailles en croix, dans lesquelles sont et glissent quatre languettes en fer I, I', I'', I''', dont la largeur, comme celle de la bande G*b*H, est égale à la distance qui sépare les deux fonds du tambour; une de leurs extrémités est constamment appuyée contre le bord intérieur de l'excentrique D, et l'autre l'est contre la paroi concave, à droite, de l'intervalle *a a*, de sorte que, pareilles à des cloisons, elles divisent cet intervalle en cases séparées. Lorsqu'on met en mouvement la boîte B, de *b* vers B', la languette I, après avoir passé le point *b*, laisse derrière elle un vide; et, dès qu'elle est au delà de l'ouverture *c*, l'eau entre pour le remplir; la languette I''', qui vient ensuite, pousse devant elle cette eau, lui fait parcourir l'intervalle H*c b*, la force à passer par l'orifice *d* et à monter dans le tuyau F; le jet est continu. Ces pompes doivent être construites avec une grande perfection, pour qu'il n'y ait pas à les fréquemment réparer.

POMPES CENTRIFUGES. Ce n'est pas par l'emploi de petits mécanismes, mais par une bonne utilisation de la force centrifuge, que devait être résolu le problème de l'élévation de l'eau par la rotation. La première puissante pompe de ce genre, due à Appold, a été vue avec grand intérêt aux expositions, à cause de sa grande production sous un petit volume, ce qui s'explique facilement par la grande vitesse que l'on donne à l'opérateur. Celui-ci est une espèce de turbine ou mieux un ventilateur à aubes courbes. L'obliquité des palettes et la force centrifuge repoussent vers la circonférence l'eau que la roue contient; il en résulte une diminution de pression vers l'axe d'autant plus grande que la roue marche plus vite, et l'eau du réservoir inférieur est aspirée, est poussée par la pression atmosphérique, et s'élève dans la roue. Celle-ci refoule l'eau qu'elle expulse dans un tuyau d'ascension, où elle monte à une hauteur d'autant plus grande que la vitesse du mouvement est plus considérable.

On voit, par cette simple description, que cette machine, représentée en coupe figure 21 peut fonctionner

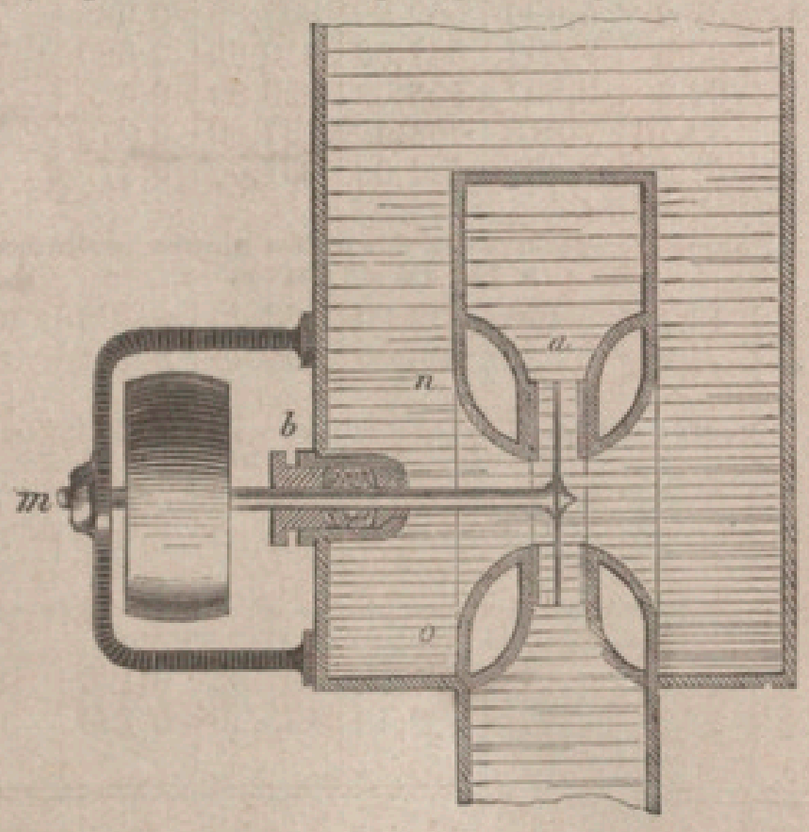


Fig. 21.

comme pompe aspirante et foulante, et que la hauteur d'aspiration ainsi que celle de refoulement dépendent de la vitesse imprimée à la roue à aubes. En réalité, malgré son nom c'est à peine une pompe, c'est autant une turbine imprimant un mouvement à l'eau.

La forme des aubes de la roue et celle de son enveloppe exercent une grande influence sur l'effet utile de cette machine. L'eau qui y circule y est, en effet, animée de deux mouvements: l'un de transport général, qui lui est imprimé par la roue, qui l'emporte avec elle, et l'autre de circulation sur les aubes. Il importe qu'à la sortie de la roue la vitesse qui résulte de ces deux mouvements soit la plus faible possible pour éviter la perte de force vive qui en résulterait.

Sous ce rapport, l'usage des aubes courbes adoptées par Appold semble préférable à celui des aubes planes. Seules elles peuvent permettre à la partie des palettes voisines de la circonférence extérieure de ne pas faire tourbillonner inutilement l'eau, mais de la

faire progresser par la pression engendrée et aussitôt utilisée.

Enfin il est facile de comprendre que, pour utiliser toute la pression que la force centrifuge développe à la circonférence de la roue, il convient de laisser celle-ci à peu près libre sur tout son pourtour, en donnant au tuyau d'ascension une assez grande dimension pour que la vitesse de transport y soit faible.

Voici les chiffres d'essais faits lors de l'Exposition de Londres pour apprécier le mérite de ces pompes; de plus, afin de mettre plus clairement en évidence l'influence de la forme des aubes et l'avantage des aubes courbes sur les aubes planes, on a successivement placé dans la machines d'Appold sa roue ordinaire à aubes courbes, une roue de même dimension, à aubes planes inclinées à 45° sur le rayon, et une roue semblable à aubes planes dirigées dans le sens du rayon.

Numéro des expériences.	Volumes d'eau élevés en litres en une seconde.	Hauteur d'élévation.	Effet utile en une seconde.	Travail moteur dépensé en une seconde.	Rendement ou rapport de l'effet utile au travail moteur.	Nombre de tours de la roue en une seconde.
	lit.	m.	km.	km.		
Pompe d'Appold, avec ses aubes courbes.						
1	159,0	2,590	413,00	717,60	0,588	828
2	124,0	2,745	340,00	526,00	0,648	718
3	87,9	5,690	500,00	771,00	0,749	792
4	97,2	5,690	552,00	807,80	0,685	792
5	93,5	5,897	551,00	810,00	0,680	788
6	94,6	5,897	558,00	859,00	0,650	800
7	32,73	7,970	261,00	697,00	0,375	843
8	51,50	8,235	424,00	891,00	0,475	876
Pompe d'Appold, avec des aubes planes inclinées à 45° sur le rayon.						
1	42,40	5,480	233,00	583,00	0,398	690
5	55,81	5,480	306,00	698,00	0,434	694
Pompe d'Appold, avec des aubes planes dirigées dans le sens du rayon.						
1	35,87	5,480	197,00	810,00	0,243	720
2	27,90	5,480	153,00	660,00	0,232	624
Pompe de Gwyne, à aubes planes dirigées dans le sens du rayon et à tuyau de circulation.						
1	22,0	4,17	91,74	487,55	0,190	675
2	21,2	4,17	89,46	465,50	0,190	608

En examinant les résultats contenus dans ces tableaux, on voit que la pompe centrifuge à aubes courbes d'Appold donne un rendement très-satisfaisant, puisqu'il s'élève, pour cette machine, à 0,65 et même 0,68 du travail moteur dépensé, tandis que les pompes de ce genre à aubes planes dirigées dans le sens du rayon n'ont donné qu'un effet utile de 0,23 du travail moteur, et encore moins quand elles étaient accompagnées d'un canal étroit dans lequel l'eau était obligée de circuler.

En effet, si les palettes sont droites, comme dans les figures B, C (fig. 22), l'eau conserve nécessairement une vitesse dans le sens du rayon, quand elle quitte la roue, tandis que c'est la vitesse suivant la tangente à la circonférence qui est seule utile; par suite, on communique à l'eau une force vive plus grande que celle qui était indispensable, et l'on consomme un travail moteur trop considérable. Si, au contraire, les palettes sont courbées en arrière comme en A, par rapport au mouvement, de manière que le bord ait à peu près la direction de la tangente à la circonférence, la direction du mouvement de l'eau le long de la palette se trouve alors la même que celle d'entraînement, et il n'y a pas de force

POMPE.

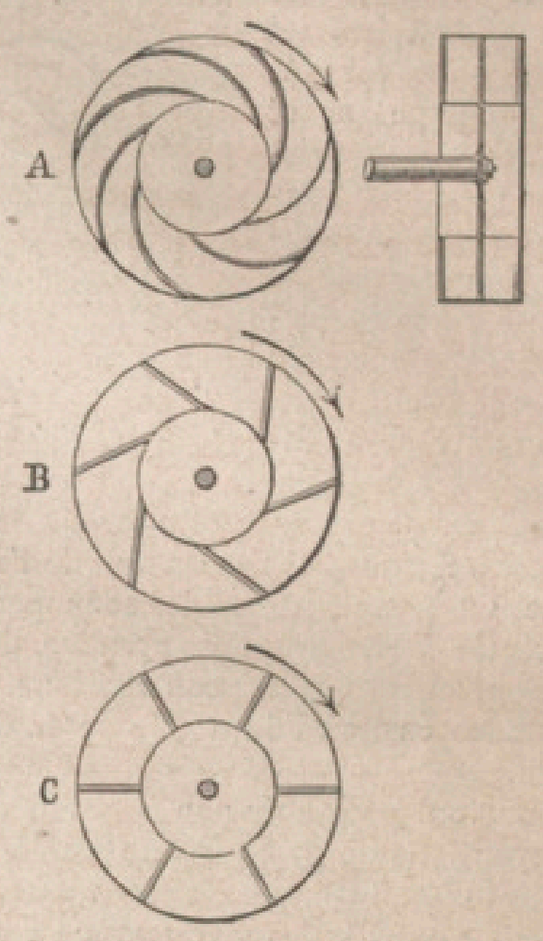


Fig. 22.

vive inutile, si les vitesses de ces mouvements sont égales.

Il résulte de ces expériences que la pompe centrifuge est susceptible de rendre de bons services pour l'élévation des eaux à des hauteurs qui ne dépassent pas 6 mètres, et, comme elle n'a besoin d'aucune soupape, elle peut être avantageusement employée à des épuisements d'eaux troubles. Il faut remarquer qu'elle doit marcher à de grandes vitesses, qu'elle exige un mécanisme convenable pour les lui communiquer, et un moteur en rapport avec les effets à produire, tel, par exemple, qu'une machine à vapeur à grande vitesse de piston.

Quant à l'admission de l'eau dans la roue, il faut que l'eau passe directement du tuyau d'aspiration dans la roue, sans l'intervention d'aucun réservoir dans lequel la force vive du courant, communiquée par l'acte de l'élever par ce tuyau, puisse être détruite, et ce n'est que par le centre qu'elle peut arriver pour que rien ne gêne l'arrivée de ce courant. Il semble qu'on pourrait employer des canaux convenablement tracés pour diviser l'eau et faciliter son entrée entre les palettes, imiter, en un mot, la disposition employée pour les turbines.

Il est clair que l'action de la force centrifuge pour accroître continuellement la vitesse de l'eau sur les palettes, à mesure qu'elles s'éloignent du centre, ne peut produire son effet sur toutes les particules d'eau d'une même section, qu'autant que les sections vont en diminuant. S'il n'en est pas ainsi, quelques particules d'eau dans chaque section sont continuellement retardées, et un certain travail est consommé en remous, pendant que le courant ne peut que souffrir de ce trouble destructeur de force vive. Cette diminution de section des canaux pourrait sans doute être obtenue en donnant aux deux côtés de la roue la forme de disques coniques, moyen employé dans le ventilateur de Lloyd, ainsi qu'on la fait dans la construction décrite ci-après.

La communication du mouvement à l'axe placé dans le réservoir dans lequel la roue tourne peut être disposée de plusieurs manières, mais autant que possible au-dessus de la roue. A cet effet, Appold fixe la roue sur un axe qui traverse les deux côtés du réservoir.

La vitesse de la roue doit être en raison de la hauteur à laquelle l'eau doit être élevée. A une certaine limite,

POMPE.

cette hauteur est impossible; mais bien avant, l'usage de la pompe cesse d'être avantageux.

En général, les constructeurs anglais donnent une vitesse en pieds anglais par minute à la circonférence déterminée par la formule

$$550 + (550 \sqrt{\text{hauteur à laquelle l'eau doit être élevée en pieds.}}$$

M. Appold annonce, à des hauteurs convenables, un rendement de 70 p. 100; il a pu élever jusqu'à 2,000 ou 3,000 gallons (10 à 12 mille litres) par heure avec une pompe employée aux travaux de Douvres.

Perfectionnements apportés à la construction des pompes rotatives. L'emploi chaque jour plus fréquent des pompes rotatives a fait multiplier les ateliers qui s'occupent de leur construction et attiré l'attention des constructeurs sur les moyens propres à les améliorer. M. Amos qui exploite le système Appold et M. Gwyne sont les ingénieurs anglais qui les ont le plus multipliés; en France MM. Malo-Belleville de Dunkerque, Cognard à Paris, Dumont et Neut de Lille, s'en occupent principalement.

Tous ces progrès nous paraissent parfaitement résumés dans les dispositions adoptées par ces derniers, et en reproduisant ici les dessins de leur pompe centrifuge adoptée par un très-grand nombre d'industriels, nous les passerons en revue.

Celui sur lequel nous insisterons de préférence se rapporte au cantonnement de l'air au centre de la turbine, qui était souvent une cause de diminution de rendement et même d'arrêt, qui rendait l'emploi de ces pompes impossible dès qu'il fallait puiser l'eau à une profondeur un peu grande, dès que l'aspiration devait être considérable. L'air aspiré traversant souvent les garnitures de l'axe de la pompe ou bien se dégageant de l'eau au point où la pression est moindre, c'est-à-dire au centre de la turbine, y restait emprisonné par l'eau en mouvement, et bientôt la pompe cessait de fonctionner.

M. Cogniard a eu l'idée de retirer constamment cet air par une petite pompe qui l'aspire au centre de la turbine. Plus simplement MM. Neut et Dumont, y ont remédié par une disposition que nous allons décrire (fig. 23).

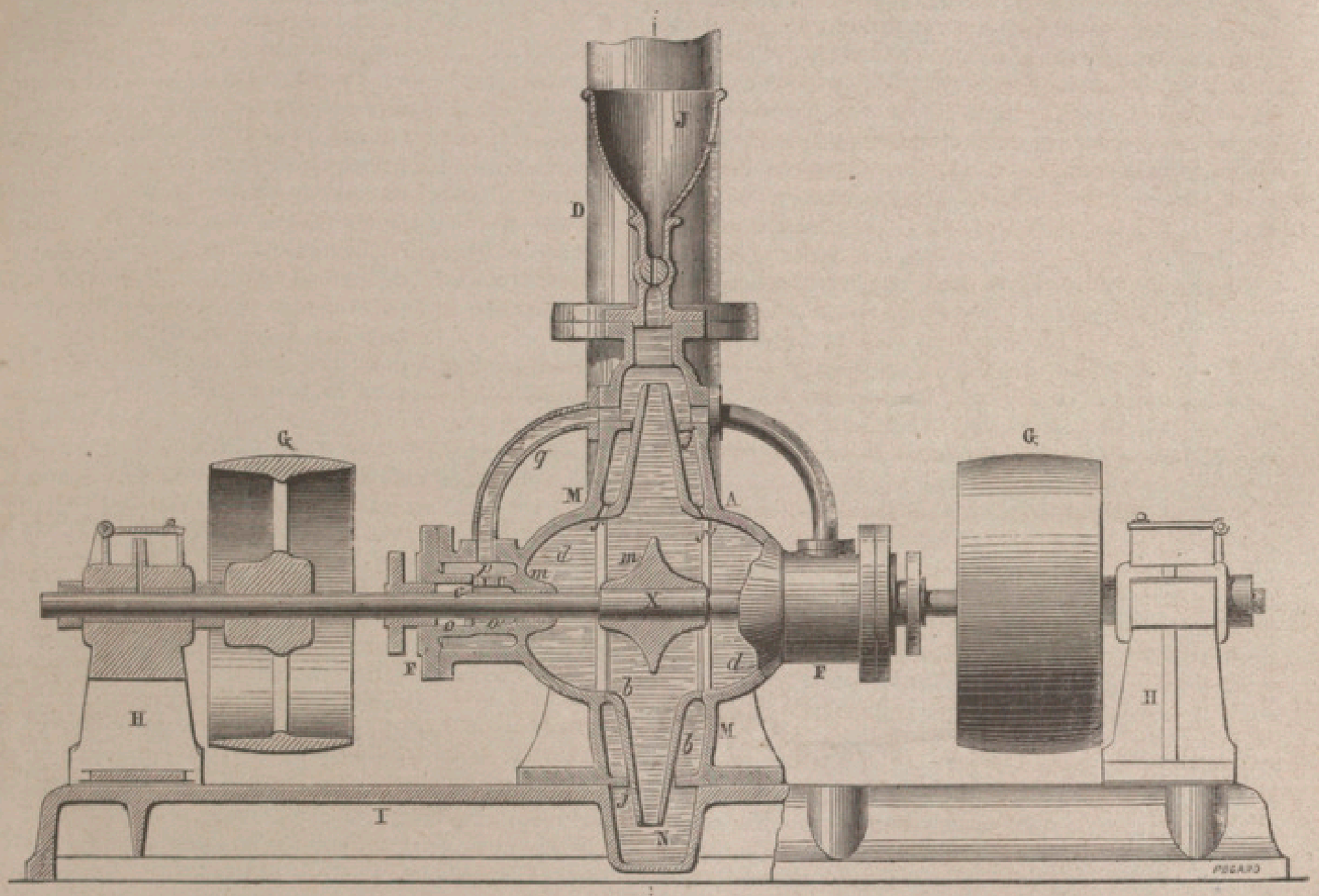


Fig. 23.

Parlons d'abord du cas où de l'air arrive au centre par la colonne d'aspiration, par exemple quand le clapet de pied se découvre, ce qui arrive fréquemment dans les travaux d'épuisement. Ils établissent une communication entre le tuyau de refoulement et le centre de la turbine au moyen de deux trous placés à la partie supérieure (S, S' sur la fig. 23). Lorsqu'un certain volume d'air s'est introduit dans la pompe, ainsi qu'il vient d'être dit, cet air s'échappe en partie par les trous S, S' en vertu de sa légèreté, mais une partie demeure quelquefois dans la partie centrale. Bientôt, surtout si cet effet augmente, ces trous donnent passage vers le centre à une petite quantité d'eau arrivant à haute pression, forcent l'air à s'échapper à travers la turbine, et réamorcent celle-ci au besoin.

La garniture du calfat, du stuffing-box, à travers lequel passe l'arbre, donnant passage dans la pratique à la majeure partie de l'air, ils ont établi entre deux coussinets, un coussinet d'eau alimenté par l'eau venant aussi de la colonne de refoulement. La boîte à étoupes est divisée en deux compartiments *O' O'*, séparés par une bague métallique *C*. *O* est le stuffing-box, *O'* reçoit l'eau par de petits trous de la partie supérieure, par le tuyau *po*. La garniture est donc sans cesse remplie d'eau pressée par la colonne de refoulement et tout accci-

dent qui détermine un effet de succion énergique par le centre fait rentrer de l'eau, mais jamais de l'air susceptible de paralyser la machine.

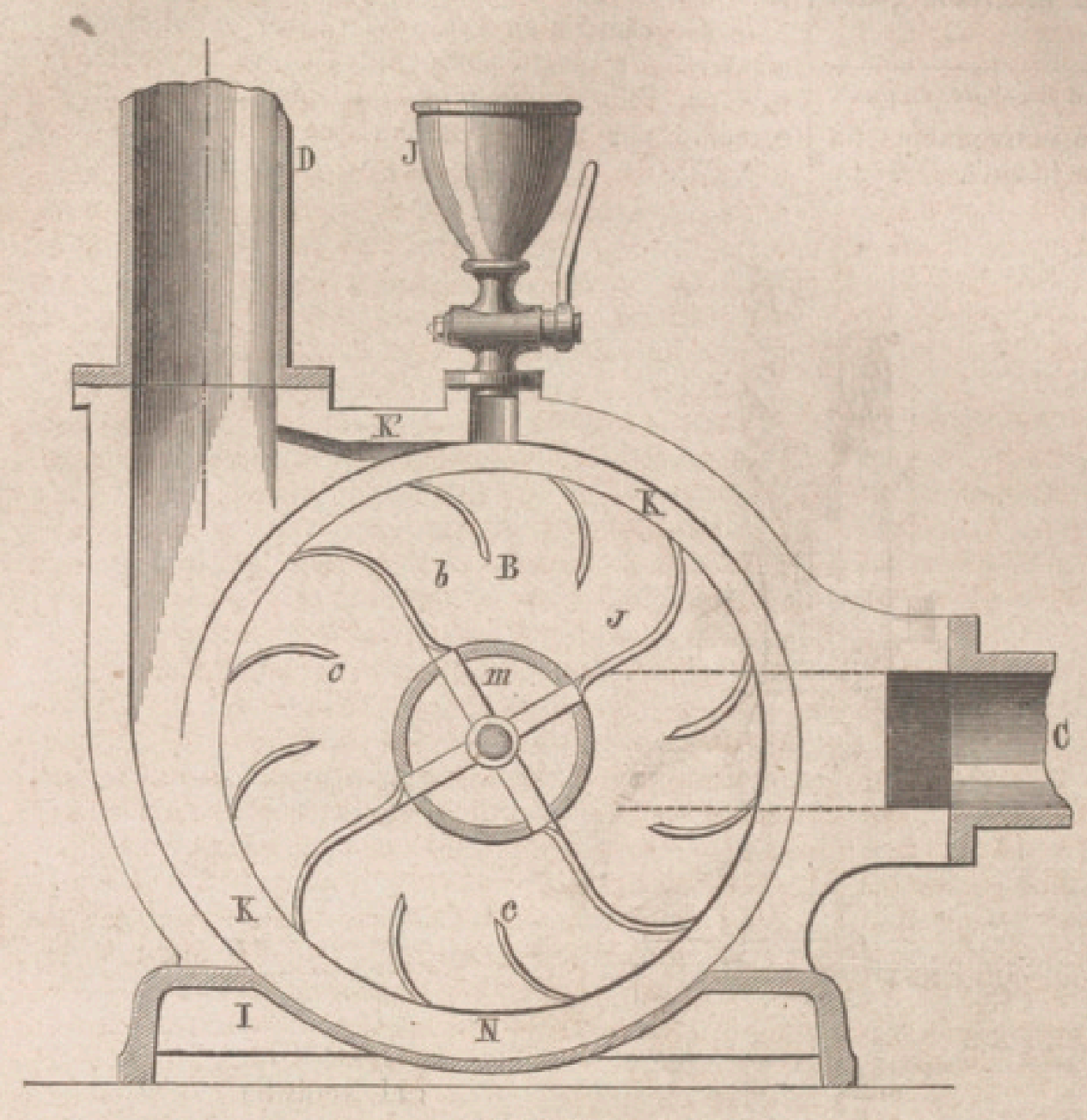


Fig. 24.

Dans ces conditions, la pompe s'amorce seule, avec un simple clapet de retenue au bas du tuyau d'aspiration.

Pour éviter les remous qui causent des pertes de force vive dans les liquides, outre la courbure convenable des palettes, MM. Dumont et Neut ont établi les cloisons parallèles qui empêchent la réaction de l'eau chassée à la circonférence de la turbine sur toute la masse d'eau renfermée dans les coquilles MM (fig. 24).

Dans ces conditions, la pompe centrifuge, qui reçoit si facilement l'action d'un moteur, qui est exempte de grands frottements, dans l'intérieur de laquelle ne se produit pas de changement de sens du mouvement, qui peut, sans inconvénient, être traversée par des corps étrangers de volume notable, boue, sable, gravier, par exemple dans le cas des épuisements, a reçu et reçoit chaque jour des applications très-étendues.

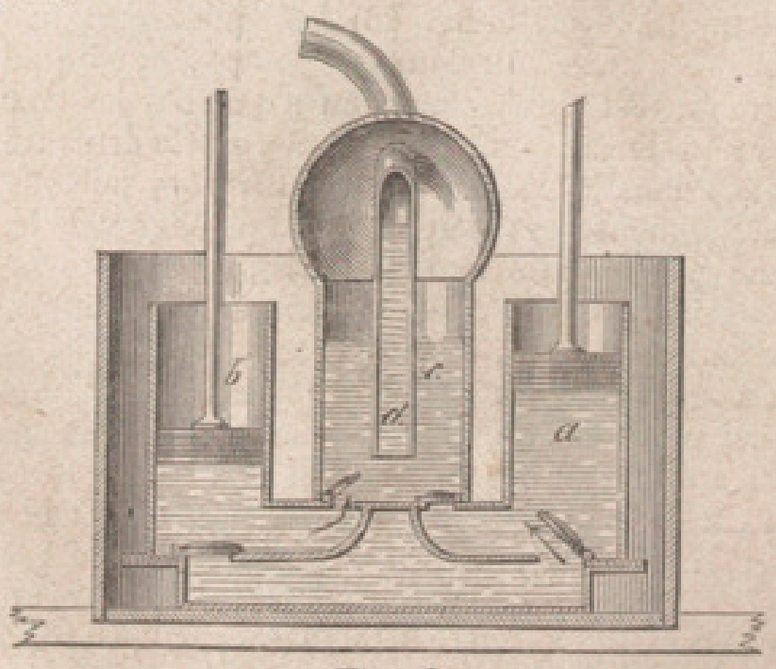


Fig. 25.

POMPES A INCENDIE. Nous devons insister sur ce genre de pompes d'une grande utilité. Celle qui se construisent

en grand nombre, destinées à être mues à bras (fig. 25), sont toujours accouplées; les deux corps de pompe faits en bronze ont communément $0^m,12$ de diamètre et $0^m,60$ de long. Les pistons sont entourés d'anneaux de cuir: au-dessus et au-dessous sont des cuirs emboutis; le tout est contenu et serré entre deux plaques de fer. La soupape d'aspiration est à coquille, et celle de retenue est à clapet. Entre les deux corps de pompe se trouve un réservoir ou récipient d'air, fait avec des feuilles de cuivre d'environ 3 millimètres d'épaisseur; son diamètre est de $0^m,25$ et sa hauteur de $0^m,55$. Dans sa partie inférieure, il est percé d'une ouverture circulaire à laquelle est soudé un tuyau également en cuivre, sur le haut duquel se visse un tuyau de cuir ou de forte toile imperméable, portant à son extrémité un long ajustage ou *lance* d'environ $0^m,016$ de diamètre à l'orifice, et qu'on dirige vers le *feu à éteindre*. Cette pompe est établie dans une caisse en bois montée sur quatre petites roues, que l'on conduit au lieu où l'incendie a éclaté. (Voy. INCENDIE.) Les travailleurs y versent continuellement de l'eau avec des seaux en toile ou en cuir, tandis que les pompiers, placés aux deux extrémités du balancier menant les tiges des deux pistons, mettent la machine en jeu. L'eau passe des pompes dans le récipient d'air; et comme elle y arrive en plus grande quantité qu'elle n'en peut sortir, sous une faible pression, par l'ouverture inférieure, elle s'y élève, comprime l'air de plus en plus, et lui donne une force élastique très-souvent supérieure à trois atmosphères. La réaction étant égale à l'action, l'air presse l'eau avec cette même force; il la fait sortir avec rapidité par l'orifice de la lance, et en assurant la continuité du jet. Huit pompiers bien exercés donnent 60 coups de balancier en une minute, la course des pistons étant de $0^m,12$, et ils portent le jet à 20 mètres de hauteur verticale. Abstraction faite de tout déchet, c'est 27 kilogrammètres d'effet utile en 1" par pompier.

Dans ces pompes l'eau, après sa sortie, n'est plus, comme dans les autres pompes, contenue dans un conduit; elle doit vaincre, pour atteindre son but, la résistance de l'air, qui détermine toujours, à une distance plus ou moins grande, la résolution du jet en gouttelettes; et, lorsque cet effet est produit, chacune de ces gouttelettes est bientôt arrêtée dans son mouvement par cette même résistance. Tandis que, dans les pompes d'épuisement, il importe, au point de vue de la bonne utilisation du travail moteur, de donner à l'eau la moindre vitesse possible, parce que la vitesse finale répond à la perte d'une certaine quantité de travail, dans les pompes à incendie, au contraire, cette vitesse est, à proprement parler, le résultat principal à produire; elle est toujours d'autant plus considérable à la sortie que le diamètre de l'orifice de la lance est plus petit, et, par suite des limites entre lesquelles cette dernière dimension est nécessairement restreinte, il ne peut y avoir aucun inconvénient à donner à l'eau, dans les autres parties de la canalisation, une vitesse trop grande par les efforts des pompiers.

Si donc on pouvait, à partir du repos dans lequel le liquide se trouve dans le réservoir alimentaire, accroître graduellement sa vitesse jusqu'à l'orifice de sortie, nul

POMPE.

doute qu'au point de vue théorique un appareil de cette nature ne fût le plus parfait.

Peut-être devrait-on conclure de ces considérations que les pompes à pistons rotatifs seraient, pour cet usage spécial, préférables aux autres systèmes, puisque, par leur mode de fonctionnement, l'eau s'y meut constamment dans le même sens : dans les pompes à mouvement alternatif, au contraire, la vitesse de l'eau, à son arrivée dans le cylindre, est presque entièrement détruite par la condition, à laquelle elle doit satisfaire, d'un mouvement en sens contraire, lors du refoulement; une marche trop rapide donnerait lieu bien souvent à ces chocs, que l'on désigne très-justement, et à cause de leur soudaineté, sous le nom de coups de béliers.

Il ne faut donc pas s'étonner qu'en Amérique les pompes rotatives soient en grand honneur, comme pompes à incendie : en France et en Angleterre on n'emploie, pour ainsi dire, que les pompes à mouvement alternatif; et, suivant le moteur employé, il est également facile de voir que les deux systèmes ont respectivement leurs raisons d'être.

Pour une pompe à bras, et en nous bornant d'abord à ne considérer que les pompes à mouvement alternatif, on pourrait employer, pour obtenir un jet continu, soit un seul corps à double effet, soit deux corps à simple effet. Si l'on préfère cette dernière disposition, cela tient tout autant à ce que les hommes nécessaires à la manœuvre se groupent plus facilement aux extrémités du balancier, qu'à la facilité avec laquelle les organes peuvent être visités dans les pompes à simple effet. L'emploi d'un long balancier ne peut être mieux utilisé que dans une pompe à deux corps, et il serait impossible d'employer aussi bien quinze ou vingt hommes à travailler ensemble à une pompe rotative.

Il en est tout autrement si la puissance motrice est donnée par une machine à vapeur, et l'on comprend que, si l'on n'a pas à craindre l'action, sur les organes de la pompe, des matières étrangères que l'eau pourrait entraîner avec elle, ce système soit très-admissible, si d'ailleurs toutes les dispositions sont prises pour que les garnitures ferment bien, les frottements qui font perdre une grande partie du travail moteur dans les pompes jouant ici un rôle plus secondaire, alors qu'une bien plus grande quantité de travail est dépensée pour un même volume d'eau.

Toutes les bonnes pompes à bras qui figuraient à l'Exposition de Londres étaient à mouvement alternatif, dit M. Tresca, auquel nous empruntons cette étude, et n'offraient rien de particulier; nos observations porteront sur les dimensions, et par conséquent sur les quantités d'eau débitées.

A Paris, la pompe réglementaire, qui est seule en service, est formée de deux corps à simple effet, ayant chacun un diamètre de $0^m,1257$; la course des deux pistons est de $0^m,2405$, et par conséquent le volume correspondant à chaque course est de 3,05 litres, et pour une double course de de 6,11 litres.

A Londres, la pompe ordinairement en usage fournit à chaque coup 10 litres environ; la pompe de Paris est manœuvrée par 15 hommes; celle de Londres, grand modèle, par 28 ou 30; celle de Paris est traînée à bras, celle de Londres par des chevaux.

Nous devons tout d'abord signaler les circonstances matérielles qui sont de nature à empêcher ou à permettre l'emploi des grands appareils.

A Paris, les pompiers n'ont eu longtemps à leur disposition que les robinets des fontaines publiques, dont le débit est, la plupart du temps, insuffisant, et l'alimentation plus ou moins intermittente, qui peut être faite par les tonneaux de porteurs d'eau, n'est pas assez assurée pour qu'on s'expose à employer des appareils de grande dimension.

A Londres, chaque maison porte d'une manière apparente un écriteau peint, dans le genre de nos numéros de rue; cet écriteau, bien simple (F. P. 28 Feet), indique que la prise d'eau pour les incendies est en face de l'écriteau, à une distance de 28 pieds, ou à toute autre distance suivant le chiffre; aussitôt que les premiers secours arrivent, on mesure la distance, et il suffit d'enlever le macadam pour obtenir immédiatement, d'une manière continue, toute la quantité d'eau dont on a besoin.

Les grandes pompes seront inutiles à Paris, tant qu'on n'aura pas une quantité d'eau suffisante ; mais le jour n'est pas éloigné où l'on pourra trouver possible l'utilisation d'appareils plus puissants, dont l'effet utile va en croissant avec le diamètre du jet, comme

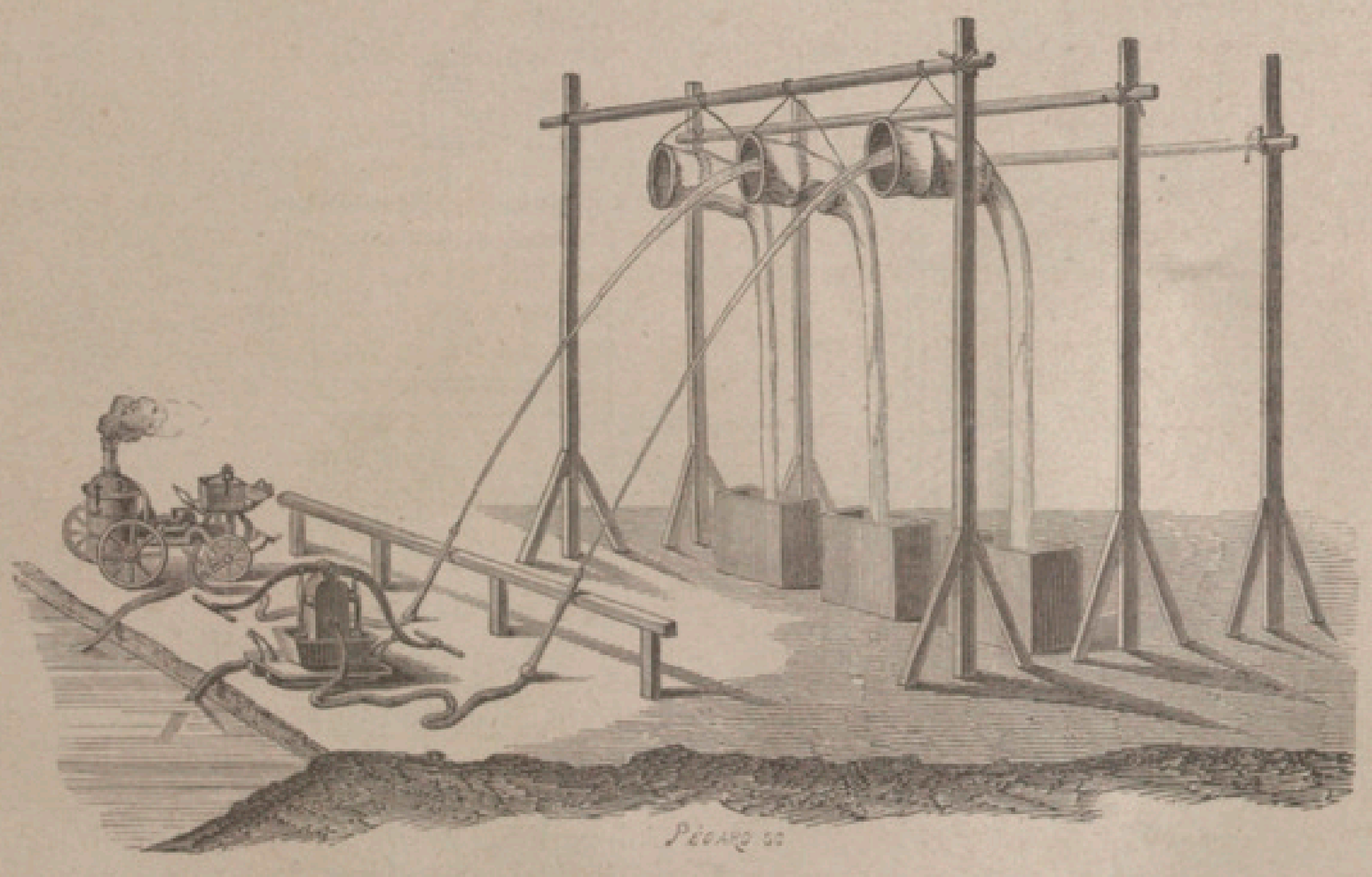


Fig. 26.

l'ont montré les expériences faites à Londres avec la disposition, dont le souvenir est bon à conserver, représentée, fig. 26.

Les machines stationnaient sur les bords de la rivière Serpentine, dans Hyde-Park, et les lances de projection étaient maintenues par les pompiers sur une balustrade placée devant les récipients dans lesquels l'eau était projetée.

Ces récipients, au nombre de trois, étaient formés chacun d'une sorte d'entonnoir en grosse toile, maintenu par une carcasse en fer mince, et se prolongeant par un tuyau également en toile, destiné à conduire l'eau recueillie dans le bassin jaugé, qui correspondait à chacun d'eux. Deux montants verticaux, munis de palans, permettaient d'élever depuis vingt jusqu'à quarante pieds le centre des entonnoirs, fixés tous trois à une même traverse, par des cordes de suspension.

On voit sur la figure trois rangs de montants verticaux qui avaient pour objet de faire varier horizontalemement la distance à laquelle on voulait mesurer l'efficacité du jet.

De cette manière on pouvait comparer le débit réel de la pompe à la portion de ce débit qui atteignait, dans chaque circonstance, la bouche des entonnoirs, c'est-à-dire un cercle de six pieds anglais de diamètre en considérant comme inefficace toute l'eau projetée au dehors de ce cercle. C'est, on le voit, un excellent mode d'expérimentation pour déterminer la valeur réelle des pompes au point de vue de leur application spéciale à l'extinction des incendies.

POMPES A VAPEUR. C'est en Amérique qu'elles ont pris naissance et elles forment un type particulier, dont les constructeurs anglais se sont fort rapprochés.

Ce que ces machines offrent de particulièrement remarquable, c'est l'étonnante rapidité de leur mise en feu; elle s'explique d'ailleurs facilement par la disposition spéciale des chaudières, qui doivent varier beaucoup dans leurs détails, mais dont la description suc-

cincte, que nous en pouvons faire, suffira cependant pour indiquer le principe.

Ces chaudières se composent généralement d'un corps principal, contenant un volume d'eau suffisant pour alimenter, avec continuité, une série de tubes verticaux de petit diamètre, qui forment autant de bouilleurs fermés à leur partie inférieure et en communication libre, par en haut, avec le corps principal; ces tubes sont placés dans la boîte à feu, limitée d'ailleurs, comme dans les chaudières de bateaux, par des lames d'eau contenues entre les parois doubles et très-rapprochées qui enveloppent tout l'appareil.

On obtient ainsi une grande augmentation de surface de chauffe; mais cette augmentation ne serait pas encore suffisante, si les tubes n'étaient disposés d'une manière toute particulière, qui rappelle les premières chaudières à circulation Perkins, et bien connus sous le nom de tubes Field. Chaque tube renferme un tube concentrique, ouvert par les deux bouts; et, par suite de l'action de la flamme, à l'extérieur des tubes principaux, il s'établit une circulation d'eau très-rapide, la densité moyenne de celle qui circule dans l'espace annulaire étant toujours très-inférieure à celle du liquide dans son état normal, par suite de la vapeur qui y reste interposée; l'eau descend de la chaudière par le tupe central, et vient remplacer ainsi celle qui se vaporise dans la branche concentrique du circuit.

Dans d'autres circonstances, cette circulation de l'eau, si favorable à la rapidité de la vaporisation, est produite au moyen d'une pompe spéciale, qui force l'eau à pénétrer dans des tuyaux extérieurs, indépendamment des causes résultant de la différence de densité.

A Londres, où les pompes à vapeur sont en service courant, on a été jusqu'à maintenir sans interruption une température convenable dans l'eau de la machine, en allumant dans le foyer lorsqu elle est en repos dans sa remise, un certain nombre de becs à gaz, dont on règle la flamme à volonté. L'eau étant alors déjà échauffée par avance, la mise en vapeur est encore plus rapide, et tout à fait certaine. La consommation de matières

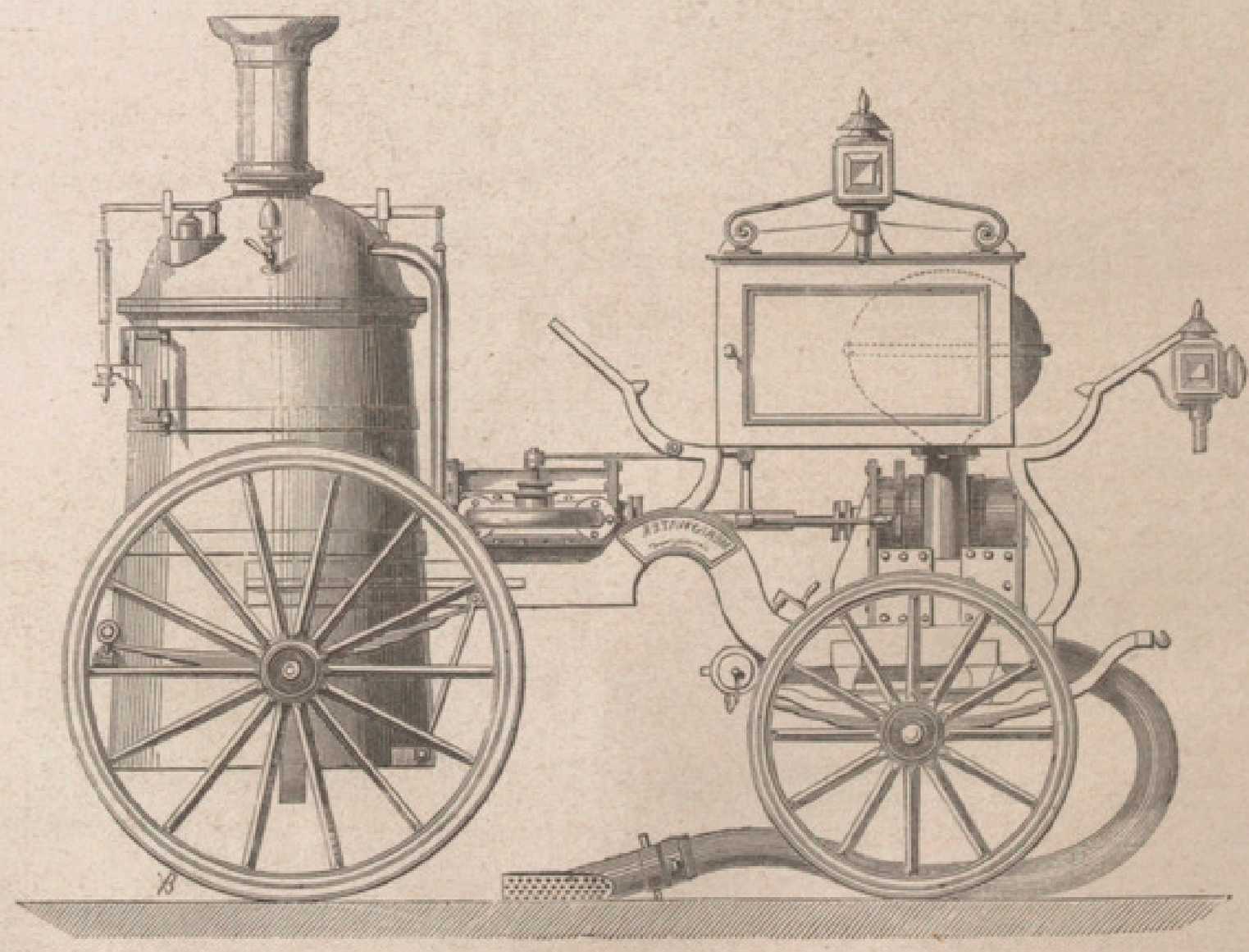


Fig. 27.

POMPE.

résineuses peut aussi permettre d'activer beaucoup l'allumage et l'échauffement de l'eau.

On rencontre dans les rues de Londres, lorsqu'un incendie est signalé par la télégraphie, ces pompes traînées rapidement par des chevaux vigoureux, et montées par un pompier qui active le feu pour arriver en pleine vapeur à l'endroit signalé.

Dans certaines machines américaines, le piston à vapeur est rotatif, de même que celui de la pompe; mais il nous semble que cette disposition, quant au moteur, doit présenter de graves inconvénients, sans diminuer de beaucoup le nombre ni les dimensions des organes.

La pompe américaine de MM. Worthington et Lee, qui a figuré à l'Exposition, est composée de deux cylindres à eau et de deux cylindres à vapeur, le tiroir à vapeur étant dirigé dans chaque machine par la tige de l'autre; de cette manière les mouvements ont lieu simultanément, en sens contraires, avec une régularité parfaite.

Les pompes anglaises sont les seules qui aient fonctionné dans les mêmes conditions d'essai que les pompes à bras et qui puissent, par suite, nous fournir des éléments positifs de comparaison. Elles étaient au nombre de trois seulement, et nous en donnons plus loin les dimensions; deux d'entre elles avaient été construites par MM. Shand et Mason.

Les machines comparées étaient à cylindres horizontaux et à double effet; celle de Merryweather (fig. 27) n'a pas de volant, et le tiroir est conduit par un renvoi de mouvement venant de la tige des pistons. On a cherché, au moyen d'un ressort, à faire démasquer brusquement les lumières d'admission, ce qui donne lieu à une série de chocs qui fatigueraient le mécanisme en peu de temps, s'il s'agissait d'une machine fonctionnant d'une manière continue.

La pompe de MM. Shand et Mason (fig. 28) est très-simple; le cylindre à vapeur A est placé dans le prolongement du cylindre à eau B, et il n'y a dès lors d'autre transmission de mouvement que celle nécessaire à la marche du volant C, destiné à faire passer les temps morts; la chaudière est construite de manière à obtenir une mise en vapeur très-rapide; cette vapeur est conduite directement au tiroir par le tube D, contourné de manière à rendre ses dilatations plus libres; elle s'échappe ensuite par le tuyau courbe E dans la cheminée très-courte F, mais suffisante cependant, au moyen de l'échappement, pour déterminer un tirage convenable.

Le régulateur à air G est grand, bien disposé, et placé derrière le siége du cocher, il n'embarrasse pas la machine; à côté de ce régulateur se trouve une sorte de panier en tôle H, destiné à contenir un certaine longueur de tubes, insuffisante cependant dans la plupart des circonstances. Tout le système est porté sur quatre roues et facilement transportable avec deux chevaux.

Voici quelles sont les dimensions des parties principales de ces machines, dont nous indiquerons la puissance d'après les résultats des expériences comparatives faites à l'aide de la disposition décrite plus haut.

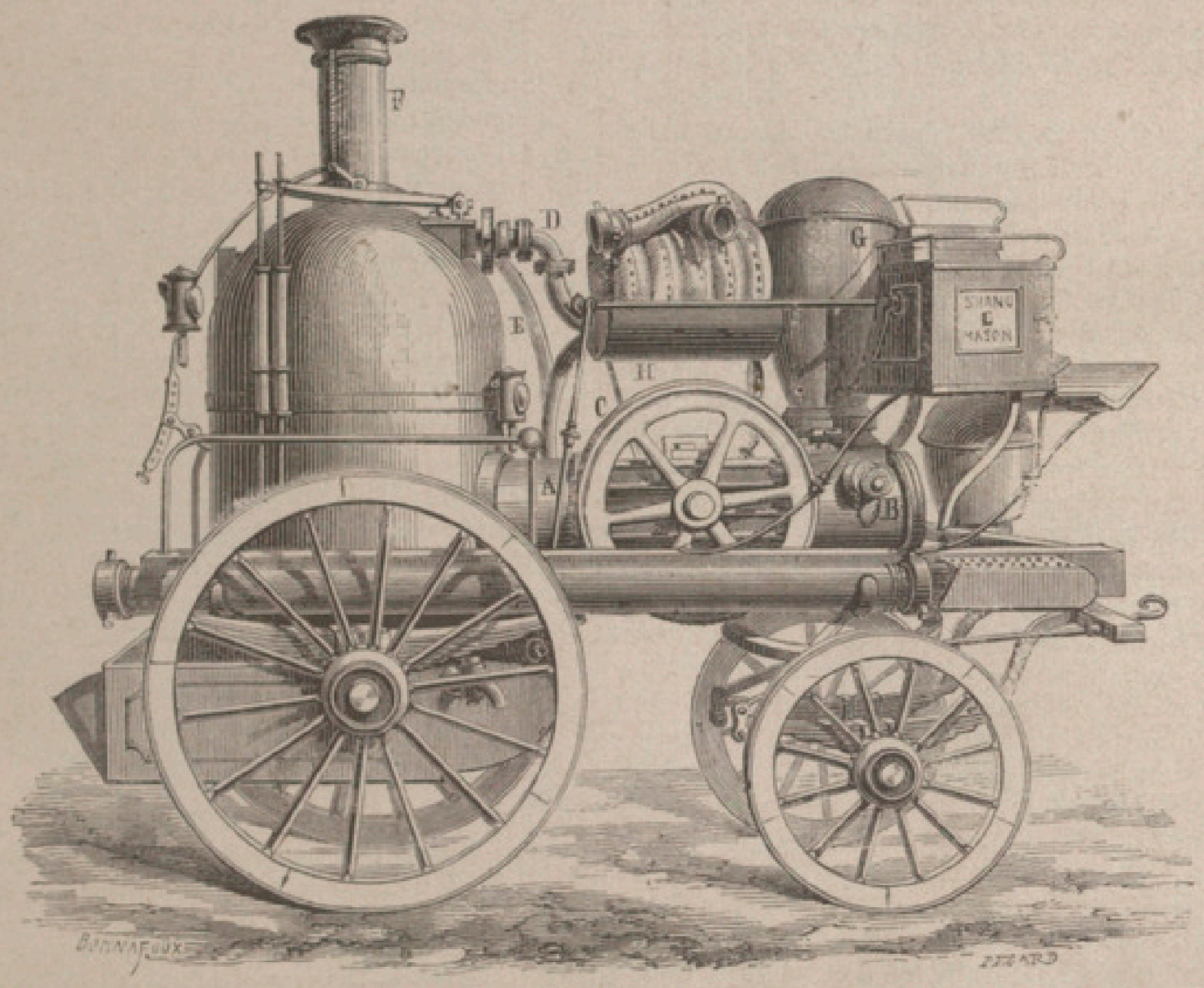


Fig. 28.

TABLEAU *général des dimensions des pompes à vapeur.*

Nos des pompes.	DÉSIGNATION des CONSTRUCTEURS.	DIAMÈTRES des cylindres à vapeur	DIAMÈTRES des cylindres à eau.	COURSE des pistons.	VOLUME engendré.	DIAMÈTRES des tuyaux d'aspiration.	DIAMÈTRES des tuyaux de refoulement.
		m.	m.	m.	l.	m.	m.
1	Merryweather et fils.....	0.229	0.165	0.381	15.90	0.127	0.076
2	Shand et Mason	0.216	0.178	0.229	11.13	0.089	0.089
3	Shand et Mason	0.168	0.152	0.203	5.18	0.076	0.063

Voici comment le capitaine Shaw rend compte des opérations auxquelles M. le duc de Sutherland a procédé, avec le jury qu'il présidait: « Après l'examen des chaudières et des machines, les constructeurs remplirent leurs générateurs avec de l'eau directement puisée dans la rivière; les feux ayant été préparés, l'allumage s'est fait en même temps pour les trois pompes, et l'ordre a été donné de commencer le travail, pour chacune d'elles, aussitôt que la pression indiquée par le manomètre aurait atteint cinq atmosphères.

« La machine de M. Merryweather y arriva en 12' 30"; le grand modèle de MM. Shand et Mason en 18' 30"; le petit modèle en 30 minutes seulement, par suite de la nécessité où l'on fut de la rallumer une seconde fois. »

Voici encore quelques détails qui complètent les indications des expériences.

La machine de M. Merryweather a atteint la pression de 5 atmosphères, qui a baissé de 1 atmosphère pendant le premier essai. Elle s'est plusieurs fois ensablée et elle a éprouvé quelques dérangements dans les organes de distribution.

La machine n° 2, de MM. Shand et Mason, n'a eu qu'un petit accident au tuyau d'aspiration, et une expérience a été prolongée pendant plus d'une heure. La machine n° 3 a également bien fonctionné, mais son jet de $0^m,022$ n'était pas de plus grande dimension que ceux des grandes pompes anglaises manœuvrées à bras; cependant 53 p. 100 du volume de ce jet ont encore été utilisés à $18^m,30$ de distance et à $6^m,10$ de hauteur; la plus grande rapidité de la marche de la machine et l'énergie de l'effort exercé par la vapeur ont produit, même avec cette dimension d'orifice, d'excellents résultats.

Dans le meilleur essai sur les pompes à bras on n'a pu atteindre un débit de 700 litres par minute; le modèle n° 2 à vapeur en a débité, dans l'expérience n° 3, 4,842 litres dans le même temps, et rien n'est plus propre que cette comparaison pour montrer les services que ces nouvelles machines peuvent déjà rendre; le débit est plus que sextuplé et le jet peut atteindre à une distance de $10^m,30$, mais à la hauteur très-faible, il est vrai, de $3^m,05$. Cette même machine a porté son jet à $34^m,40$ et à une hauteur de $9^m,15$, avec utilisation, en volume, de 0,37, là où toutes nos pompes françaises auraient été absolument inefficaces.

C'est là le résultat capital qu'il importait surtout de mettre en lumière, et qui permet de conclure que la pompe à incendie à vapeur est un appareil d'une puissance bien supérieure aux pompes à bras, et qu'il importe de chercher à l'utiliser dans tous les pays. La ville de Paris depuis qu'elle a complété ses distributions d'eau a adopté avec grand succès la pompe Merryweather.

POMPE SPIRALE. On donne ce nom à un appareil qui en réalité n'est pas une pompe, mais bien la vis d'Archimède disposée de manière que son axe soit horizontal. Sa facile construction sur de grandes dimensions et certaines propriétés spéciales peuvent rendre son emploi avantageux; c'est ainsi qu'elle a été adoptée dans des papeteries pour transporter à la fois horizontalement et verticalement l'eau tenant en suspension le défilé qui constitue la pâte à papier.

La pompe spirale dont l'invention souvent attribuée à André Wirtz, ferblantier à Zurich, paraît appartenir au Hollandais Wetman en 1746, consiste en un tuyau enroulé sur un cylindre ou noyau troncônique, de manière à former des spires hélicoïdes qui enveloppent ce noyau (fig. 1). La première de ces spires se termine à un rayon et tangentiellement au noyau; la dernière se recourbe en se rapprochant de l'axe, de manière à se raccorder avec un tuyau de même diamètre dirigé suivant cet axe ou plutôt formant lui-même l'axe de rotation. Ce dernier tuyau s'emboîte avec le coude horizontal que

POMPE SPIRALE.

forme à sa partie inférieure le tuyau d'ascension ordinairement vertical.

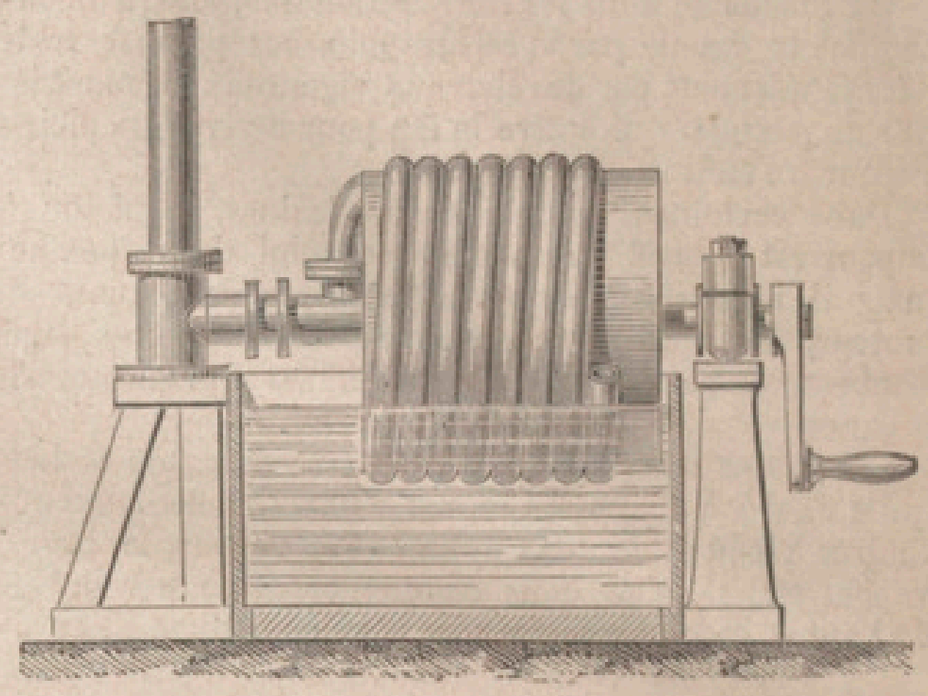


Fig. 1

Supposons la machine immergée jusqu'à la hauteur de son axe; il est clair que quand le noyau tourne et que l'extrémité du tuyau arrive à la surface de l'eau, elle pénètre dans le liquide, y parcourt à peu près une demi-circonférence, et que, lorsqu'elle reparaît à la surface, la moitié de la première spire se trouve remplie d'eau.

Dans la seconde demi-révolution la même spire se remplit d'air, puis le mouvement se continuant, elle se charge d'une nouvelle quantité d'eau, tandis que le précédent volume qu'elle avait admis est passé dans la deuxième spire, dont il occupe la moitié inférieure, l'autre se trouvant remplie d'air.

De proche en proche l'eau arrive à la dernière spire, puis au tuyau de l'axe et passe dans le tuyau d'ascension.

Jusque-là les pressions de l'air contenu dans toutes les spires étaient les mêmes, mais si on vient alors à remplir d'eau le tuyau d'ascension, l'eau s'élèvera dans la branche de la spire placée à côté de la colonne, atteindra son sommet et retombera en partie dans la spire suivante; il en est de même pour les spires successives, qui à cet état représentent la machine arrivée à son état normal, lorsque la colonne ascendante est remplie d'eau.

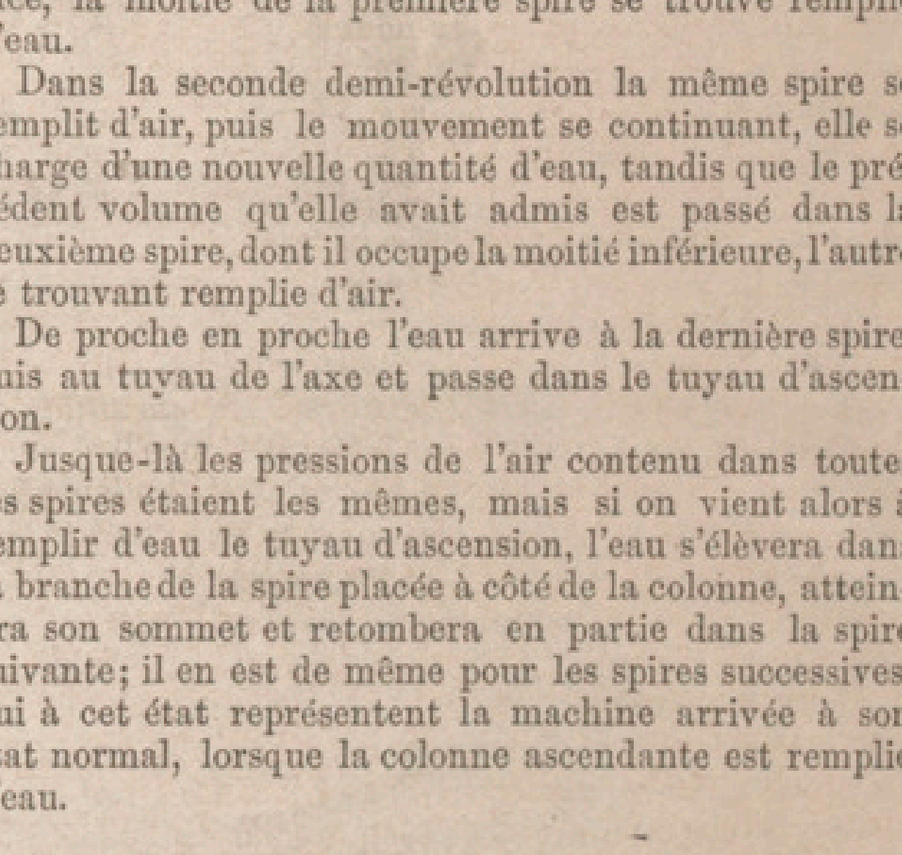


Fig. 2.

Si on représente cette disposition dans la figure 2 que nous empruntons à M. Morin, ainsi que cette ana-

lyse des faits, h_1, h_2, h_3 étant les hauteurs des dénivellations du liquide entre le sommet d'une spire et le niveau de l'eau dans la spire suivante:

h la hauteur de l'eau dans le tuyau d'ascension;

$p_1 = P$ (pression atmosphérique), p_2, p_3, p_4, p_5 les pressions de l'air contenu dans les spires supposées au nombre de cinq, exprimées en colonnes d'eau, on aura:

$$p_5 = P + h - h_5 \quad p_4 = p_5 - h_4, \; p_3 = p_4 - h_3,$$

$$p_2 = p_3 - h_2, \; p_1 = p_2 - h_1,$$

et en faisant l'addition de ces quantités:

$$h = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5,$$

c'est-à-dire que la hauteur d'élévation de l'eau est égale à la somme des hauteurs des colonnes d'eau des diverses spires, ce qui est évident *à priori*. Les volumes de l'air sont inverses des pressions croissantes depuis la pression atmosphérique jusqu'à la pression $P + h - h_5 = p_5$.

Par l'effet de la compression, le volume de l'air se réduit dans chaque spire d'autant plus qu'elle est plus voisine du tuyau d'aspiration, et la plupart sont moindres que le rayon moyen du tambour, et l'on peut poser comme limite de l'élévation de l'eau la somme des rayons des spires.

Lorsque la machine fonctionne, une capacité remplie d'air comprimé arrive en communication à chaque tour avec le tuyau d'élévation et comme près de l'orifice elle reprend à peu près son volume primitif, il sort une bouffée dont le volume est d'à peu près une demi-spire, et dont la force vive contribue à augmenter la hauteur d'élévation de l'eau. En forçant l'air à se diviser pendant son ascension, à se mélanger à l'eau sur toute la hauteur de la colonne, on pourrait obtenir un mélange ayant une densité bien moindre que celle de l'eau, et par suite élever celle-ci à une hauteur plus grande. On augmenterait ainsi le rendement déjà assez avantageux de cette machine, puisque l'air rend par sa détente tout le travail consommé pour le comprimer et qui répond à la pression h. On peut arriver ainsi à la hauteur h, sensiblement égale à $2(n-1)R$, R étant le rayon, n le nombre des spires, la première ne devant pas être comptée.

Cette limite pourra encore être dépassée en faisant entrer dans l'appareil un volume d'air plus grand que le volume d'eau, en n'immergeant pas la machine jusqu'à l'axe.

M. Morin, en soumettant à des expériences très-complètes la pompe spirale dont le tambour d'un mètre de diamètre porte six spires de $0^m,06$ sur $0^m,06$ de section qui existe au Conservatoire, a conclu des résultats obtenus:

1° Que pour une même hauteur d'élévation le rendement de la pompe spirale augmente à mesure que la vitesse de rotation diminue, ce qu'il était facile de prévoir *à priori*, les effets de la force centrifuge inutiles pour le fonctionnement de l'appareil ne pouvant que consommer inutilement du travail. Il paraîtrait, en général, convenable que la vitesse des spires n'excédât pas $0^m,30$ ou $0^m,40$ en 1 seconde.

2° Que le rendement de la machine augmente au fur et à mesure que la hauteur d'élévation se rapproche du diamètre des spires diminuée d'un rayon, et qu'alors il atteint la valeur de $0^m,60$ à $0^m,64$.

3° Que, pour une hauteur plus grande, il y a dégorgement irrégulier de l'eau par la première spire, et qu'alors le rendement de la machine diminue.

Nous donnerons encore, d'après le même auteur, la description de la partie la plus délicate comme construction de la machine, l'assemblage du tuyau des spires avec le tuyau d'ascension (fig. 3).

Le tuyau formant les spires en s'enroulant sur le cylindre se recourbe pour servir d'axe creux et repose sur un coussinet.

L'extrémité $a\,b$ du tuyau, qui dépasse le coussinet, est tournée cylindriquement et on a ménagé à son extré-

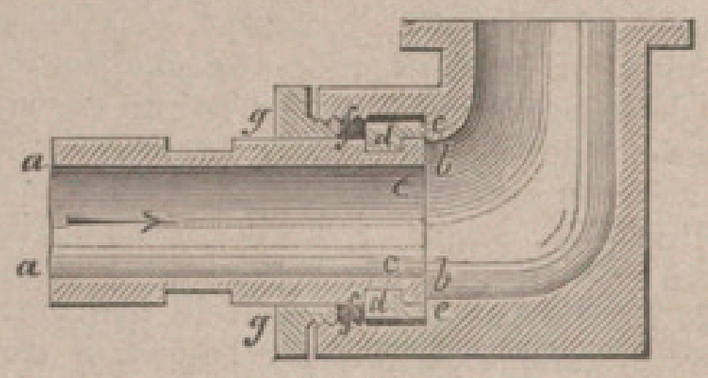


Fig. 3.

mité une gorge annulaire $c\,c$. Dans cette gorge, on introduit un anneau d'acier $d\,d$, en deux pièces, exactement tourné à l'intérieur et à l'extérieur, et qui peut être amené en contact avec le bord $e\,e$, bien dressé de l'origine du coude du tuyau ascendant. De l'autre côté de l'anneau $d\,d$ est une rondelle de cuir $f\,f$.

L'embouchure horizontale du tuyau d'ascension est filetée et reçoit un écrou annulaire $g\,g$, que l'on serre à volonté, de manière à obtenir entre la rondelle de cuir, l'anneau d'acier $d\,d$ et l'embase $e\,e$, un contact assez intime pour que l'eau ne puisse s'échapper, et cependant assez doux pour qu'il n'en résulte pas un frottement dur, capable de produire l'usure des surfaces.

PONCELET (J.-V.). L'abondance des matières à traiter dans un ouvrage encyclopédique de la nature de celui-ci, où toute l'industrie doit figurer, ne nous permet pas de nous étendre longuement sur la partie historique, sur les travaux des hommes qui ont créé les procédés que nous avons à analyser. Toutefois, au début de chaque article, l'historique, quand il y a lieu, forme en général l'entrée en matière et donne quelquefois lieu à des développements assez étendus; telle est la notice consacrée à l'œuvre de Watt, à l'article MACHINE A VAPEUR.

Mais, en agissant ainsi, nous ne rencontrons pas les hommes de génie qui ont contribué à activer dans tout son ensemble le mouvement industriel, sans attacher leur nom à une industrie spéciale, et par suite nous laissons de côté les œuvres les plus grandioses, celles qui ont fait progresser un grand nombre d'industries à la fois, en complétant, en créant quelquefois les théories sur lesquelles reposent leurs procédés. Tel est, au plus haut degré, l'œuvre de Poncelet, le créateur de la mécanique industrielle, et ce serait de l'ingratitude de ne pas parler du maître dans un ouvrage dont tant de pages ont été inspirées par son enseignement, animées de son esprit

Un brillant éloge de Poncelet a été prononcé par M. J. Bertrand, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences; nous en reproduirons la majeure partie, qui met bien en lumière, avec une autorité incontestée, les admirables travaux de géométrie de Poncelet, qui a accompli deux carrières de savant éminent.

« Poncelet se montra, dès l'école primaire, supérieur à ses condisciples. Les espérances de son premier maître parlèrent assez haut pour obtenir de son père les moyens de lui faire suivre, comme externe, les cours du lycée de Metz. Ses progrès furent rapides, et après quatre ans d'efforts, en 1807, à l'âge de dix-neuf ans, il entrait le huitième à l'École polytechnique; fatigué par le travail, il tomba malade et perdit une année. En 1812 seulement, il quitta l'École d'application du génie de Metz, fut chargé dans l'île de Walcheren de travaux difficiles et urgents, et attaché presque aussitôt à la grande armée que l'on dirigeait vers la Russie.

« Intrépide et patient, de Smolensk à Borodino, de Borodino à Moscou, et de Moscou à Krasnoë, Poncelet supporta, sans se laisser abattre, les fatigues, les souf-

frances et les cruels désastres dont je n'ai pas à faire le douloureux récit. Dix jours avant le passage de la Bérésina, son corps d'armée, réduit à sept mille hommes, échappa par une fuite nocturne, plus audacieuse que la plus brillante attaque, aux cinquante mille hommes de Mileradowicht. Le Dniéper fut traversé sur une mince couche de glace. Quelques-uns se sacrifièrent à la liberté et au salut de tous : Poncelet fut un de ces braves. Prisonnier de guerre, dès le lendemain, il commençait à pied un terrible voyage de quatre mois. Épuisé de forces, malade, dépourvu de tout, mais endurci aux privations et libre par l'esprit, il trouva à Saratof, sur les bords du Volga, deux années de studieux loisirs et de fructueuses méditations. La révision de ses études élémentaires fut son premier exercice. Sans conseils et sans livres, mais appuyé sur des principes solides, il travailla sur son propre fonds. Préoccupés d'examens décisifs pour son avenir, et sans prévenir à contre-temps des difficultés trop subtiles, ses maîtres, jusque-là, pour retenir ses études dans les limites prescrites, avaient imposé silence à ses empressements ; sans déprimer son esprit d'invention, ils en avaient arrêté l'essor. Plus d'une rêverie, repoussée au lycée de Metz comme une dangereuse intempérance d'esprit, plus d'une curiosité, tenue alors pour vaine et indiscrète, furent avidement rappelées et diligemment suivies, consolatrices bienfaisantes cette fois, précieux divertissement parmi tant de tristesses.

« Le point de départ de ses méditations n'était ni transcendant ni nouveau. Ses illustres maîtres de l'École polytechnique, s'il avait pu les consulter, auraient sans doute dirigé ses pensées vers des sujets plus dignes de leurs savantes leçons. Mais, en lui signalant les larges voies qui, sur leurs traces, peuvent conduire si haut, il y a peu d'apparence qu'ils l'y eussent ensent entraîné. Poncelet, déjà tenace, n'aimait pas les sentiers battus, et son indocile fierté n'avait accoutumé d'accorder à personne le droit de choisir pour lui et de juger au-dessus de lui. Il aurait pu répondre, d'ailleurs, que le point d'arrivée importe, non celui de départ, que la distinction entre les recherches transcendantes et les exercices élémentaires est artificielle, antiphilosophique et nuisible au progrès. La discussion lui fut épargnée. Trop peu versés dans la science élémentaire ou transcendante, ses compagnons ne pouvaient ni l'encourager ni le combattre. Il n'avait à contenter que lui-même : il n'y parvint pas. Le temps et l'occasion de son long travail expliquaient l'inexpérience et le défaut d'érudition ; il ne lui sembla pas qu'ils les autorisassent. A son retour en France, il n'acheva pas son œuvre imparfaite, il la refit. S'éclairant au contact des Pascal, des Desargue, des Maclaurin et des Lambert, et retrempé dans ces sources intarissables et fécondes, rudoyant sans pitié quelques auteurs médiocres, dont il aurait pu laisser s'éteindre en paix la célébrité usurpée, mais viagère, il composa lentement son beau livre, dont les cahiers de Saratof, publiés depuis, ne sont que le préparatif et l'ébauche.

« Descartes avait cru, par des procédés uniformes de calcul, abolir le droit d'inventer avec génie en géométrie. Croyant avoir tout préparé et tout prévu, en laissant, sur plus d'un point, à ses successeurs le plaisir d'accomplir le progrès, il en usurpait par avance tout le mérite et toute la gloire. « J'espère, disait-il, que nos neveux me sauront gré, non-seulement des choses que j'ai expliquées, mais aussi de celles que j'ai omises volontairement pour leur laisser le plaisir de les inven-:er. »

« Ceux qui, sur la foi d'un aussi fier génie, ont cru l'ère des découvertes originales terminée dans l'étude des courbes, cherchèrent naturellement dans d'autres parties de la science un plus fructueux emploi de leurs efforts, et le progrès le plus grand qu'ait jamais fait cette belle théorie, a été ainsi l'occasion et le signal d'un temps d'arrêt dans sa marche.

« Descartes oubliait que, suivant la très-heureuse expression d'un géomètre contemporain, la géométrie est un art aussi bien qu'une science : *Mathesis ars et scientia dicenda ;* et, s'il est quelquefois possible à une science de marquer dans une formule définitive la fin de ses efforts et le terme de ses progrès, l'art est inépuisable et infini, toujours jeune et fécond pour des génies nouveaux. L'étude de toutes les parties du Traité des Propriétés projectives peut seule faire apprécier au lecteur géomètre l'art merveilleux qui les fait naître les unes des autres, en conduisant par une voie singulière et nouvelle jusqu'aux vérités les moins prévues au départ. Les formules algébriques sont strictement bannies des démonstrations ; mais l'algèbre, depuis Descartes, embrasse trop étroitement la géométrie pour que rien puisse les désunir ; et les conceptions analytiques les plus subtiles, en guidant, sans se montrer, l'application des principes, en justifient la hardiesse.

« Le Traité des Propriétés projectives étudie les figures dans leur image perspective. Le microscope des naturalistes substitue ainsi à l'objet une image agrandie, mais non déformée. La méthode de Poncelet est analogue, mais, pour la définir par une comparaison plus exacte et transporter l'ingénieuse conception dans la réalité physique, il faudrait tailler et ajuster avec assez d'art des verres assez heureusement trompeurs pour corriger dans l'image les défauts de l'original, ou, par une industrie plus merveilleuse encore, lui procurer en la transformant, avec des beautés nouvelles, une ressemblance désirée et prévue. Tel est le problème résolu par Poncelet. Deux sections coniques, par exemple, sont remplacées par deux cercles, et, lors même qu'elles se coupent, il peut arriver que les deux cercles soient concentriques. De tels et semblables paradoxes répugnent à l'évidence, un écolier les repousserait sans examen, et Archimède lui-même, pour interpréter un tel langage, et en pénétrer la profondeur, aurait dû commencer par apprendre l'algèbre ou l'inventer.

« Poncelet, sûr de lui-même, après six années de méditations et d'études, présenta son manuscrit à l'Académie des sciences. Le rapport des commissaires, Poisson, Arago et Cauchy ne répondit ni à son attente, ni à l'importance de l'œuvre. Où trouver cependant trois esprits de plus haute portée, que Poisson, Arago et Cauchy ? trois promoteurs plus zélés pour une théorie grande et neuve ? trois juges plus éclairés de démonstrations hardies et subtiles ? Ni leur bienveillance n'était douteuse, ni leur autorité contestable ; mais ils goûtaient surtout ceux qui de loin suivaient leurs traces, et, sans donner l'exclusion à aucune partie de la science, marquaient la haute idée qu'ils avaient des théories de calcul intégral, de physique mathématique ou de mécanique céleste, en plaçant leurs moindres progrès fort au-dessus des plus élégants résultats d'une étude réputée élémentaire.

« La géométrie ancienne, lors de l'éclosion des méthodes nouvelles, avait livré bataille à l'analyse de l'infini ; choisissant imprudemment son terrain, un disciple illustre de Galilée, Viviani, avait osé défier les novateurs. Leibnitz et Newton trouvèrent dès le premier jour le mot de sa facile énigme. Cela ne prouvait que leur pénétration. On en jugea autrement : Il parut, dit Fontenelle, que ceux qui étaient dans l'ancienne géométrie, quelque profonds qu'ils y fussent, n'étaient pas destinés à faire beaucoup de peine aux géomètres du calcul différentiel. Un siècle s'était écoulé ; les analystes, comme les nommait Poncelet, continuaient à préconiser leurs sublimes et fécondes méthodes, dernier mot pour eux de l'esprit mathémathique ; la géométrie des anciens était de moins en moins connue et goûtée. Dans cette mine épuisée et ouverte de toutes parts, on

ne voyait plus rien à chercher ni à trouver, et, digne encore peut-être de la curiosité des géomètres, elle ne l'était plus de leurs efforts.

« Le flambeau dont Poncelet venait ranimer l'éclat n'éclairait plus que les exercices des écoliers. La simplicité des méthodes en dissimulait la grandeur et la force. Étranger aux savants travaux de ses juges et sans prendre place parmi leurs disciples, le jeune débutant osait les convier dans une vaste plaine depuis longtemps en friche : ils y trouvèrent un maître, non un docteur, qui leur montra des vérités plus admirables pour l'école qu'intéressantes pour l'Académie. Ils l'approuvèrent et crurent l'encourager, sans saluer ni deviner en lui le précurseur d'une génération nouvelle de géomètres et le chef d'une grande école. En retenant plus d'une vérité curieuse et nouvelle dont il proclamait l'importance, Cauchy, dans son rapport, contestait l'étendue de la théorie et la solidité des preuves, et, reprochant à l'ingénieux auteur d'avoir trop osé, il le déprimait en l'approuvant. Ces méthodes découvertes avec tant de joie, ces hardiesses heureuses qui ne l'avaient égaré en aucune rencontre, étaient dénoncées comme imprudentes et tenues pour suspectes; ses succès les plus admirés, formellement repris d'incorrection, étaient placés enfin en dehors de la pureté géométrique.

« Vivement froissé d'un tel jugement, Poncelet le repoussa toujours avec force, et les critiques souvent renouvellées d'adversaires inégaux en autorité et en génie, mais clairvoyants d'habitude et se connaissant en démonstrations, n'ont pu lui arracher la plus légère concession; sans entrer en discussion ni satisfaire à leurs doutes, il ne retrancha rien de ses conclusions, et, imperturbable dans ses principes, il les laissa triompher par leur propre force.

« La froideur et les objections de ses juges désappointèrent Poncelet sans le rebuter; il ne ralentit pas ses travaux, et attendant de l'avenir, dont les suffrages l'ont dédommagé, une meilleure et plus complète justice, il présenta successivement les beaux mémoires sur le *Centre des moyennes harmoniques*, sur l'*Analyse des tranversales* et sur la *Théorie des polaires réciproques*. L'accueil fut le même. L'ingénieux auteur, remercié cette fois par Ampère, Legendre et Cauchy pour ses communications intéressantes, ne vit s'ouvrir pour aucune d'elles les recueils de l'Académie.

« Sans interrompre ses travaux géométriques, la mécanique, plus d'une fois déjà, était venue l'en détourner et l'en distraire. Ses devoirs d'officier du génie lui imposaient l'occasion de s'y exercer. L'opinion de grand savoir qu'il s'était acquise encourageait ses chefs à lui proposer les questions les plus difficiles, et la pratique, qui d'habitude procède avec plus de lenteur, consacrait l'exactitude de ses solutions et l'importance de ses découvertes. Chargé de la construction d'une roue hydraulique il aurait pu, choisissant entre les modèles classiques et suivant les règles établies, s'appliquer seulement à trouver les meilleures dimensions. Le produit du poids de l'eau par sa hauteur de chute mesure le travail théorique dont on dispose; mais l'eau, pour le transmettre tout entier, doit quitter la roue sans vitesse. La raison en est évidente : que la roue soit verticale ou horizontale, qu'elle reçoive le liquide en dessus ou en dessous, en mécanique aussi bien qu'en droit, donner et retenir ne vaut, et, quand elle communique sa puissance, l'eau, par une suite nécessaire, doit la perdre entièrement. Mais, dans cette vérité supposée et admise, les mécaniciens voyaient un conseil, non un précepte. Toutes les bonnes maximes, a dit Pascal, sont dans le monde; on ne manque qu'à les appliquer. Celle-ci, par une erreur générale, était tenue pour impraticable. Il faut bien, disait-on, que l'eau s'écoule, et comment s'écouler sans vitesse? Pendant qu'il pousse la palette qui lui est opposée ou l'auge qui le contient, le liquide les

suit et partage leur vitesse : il ne peut donc pas être immobile en les quittant et concilier deux conditions si contraires. Résignés à un inconvénient qui semblait sans remède, les mécaniciens l'acceptaient, comme les frottements et les chocs que l'on voudrait aussi et qu'on ne peut proscrire. Par un artifice très-simple, mais dont personne ne s'était avisé, Poncelet, réussissant où tant d'autres avaient échoué, parvint à l'atténuer au delà de toute espérance.

« L'invention du nouveau système de pont-levis ne parut pas un service moins considérable; il fut remarqué et vanté à l'égal de la roue. Éprouvé et froissé comme géomètre par des critiques impatiemment supportées, et plus encore peut-être par l'indifférence des maîtres de la science, Poncelet, comme mécanicien, était apprécié et compris avec le plus flatteur empressement. L'expérience en mécanique, par les preuves sensibles et démonstratives pour tous, abrége, il est vrai, les contestations, grave les découvertes dans la mémoire, et, en invitant à en tirer profit, rend l'esprit plus facile et plus prompt à y croire; mais cette raison ne saurait suffire, car elle s'applique à tous les inventeurs. On n'accusera pas Poncelet, en tout cas, d'avoir montré pour sa propre gloire trop de connaissance et de zèle. Ayant à citer son pont-levis, en 1857, dans un rapport officiel :

« On ne saurait, dit-il, mettre en oubli certaines « machines d'équilibre et à poids mobiles telles que « les grandes portes d'écluse des ports maritimes, « les lourds et immenses ponts tournants servant à « traverser les canaux, les élégants et savants ponts-« levis en fer et en fonte que nos ingénieurs militaires « ont substitué, à partir de 1815, aux vieux ponts-levis « à flèche et à bascule en bois des forteresses ou châ-« teaux gothiques, et parmi lesquels on me permettra « de citer ceux des capitaines du génie Derché, Delille, « Bergère, Poncelet, fondés sur des principes très-divers « et qui ne manquaient pas d'un certain caractère d'in-« vention et d'originalité dans la conception. »

« Le comité du génie ne se demanda pas si les solutions de Poncelet étaient élémentaires ou transcendantes, et moins encore si les travaux faits de si bonne main appartiendraient un jour à l'enseignement supérieur ou à celui des lycées; il les mit à profit, et, guidé par l'applaudissement général, accepta Poncelet pour une des lumières scientifiques du corps, successeur désigné de l'illustre Coulomb.

« Le cours de mécanique à l'École d'application de l'artillerie et du génie à Metz, confié à Poncelet en 1824, exerça sur sa carrière une influence considérable. Apercevant une grande lacune à combler et un grand service à rendre, il tourna, non sans regret, tous ses efforts vers la mécanique, et, punissant peut-être la géométrie des torts de quelques géomètres, il fut désormais perdu pour elle.

« Neuf promotions seulement ont été initiées par lui aux principes de la science des forces, et ses leçons publiques du soir les ont profondément imprimés dans l'esprit de quelques centaines d'ouvriers. Tous les mécaniciens, sans exception, reconnaissent cependant Poncelet pour leur maître, et les cahiers lithographiés de Metz ont enseigné la mécanique à l'Europe entière. Les savants aussi bien que les ignorants y ont trouvé d'utiles lumières, et les contre-maîtres, dans les ateliers, des principes généraux et solides, armes défensives à jamais acquises contre l'illusion des fausses découvertes et le danger de chimériques espérances. Peu de points dans la rédaction de Poncelet eussent paru nouveaux à un géomètre habile et instruit. Les anciens élèves de l'École polytechniques préparés par des maîtres illustres voyaient cependant à ses leçons naître pour eux une science inconnue. Poncelet, en conduisant leurs pensées avec ordre, s'arrêtait longuement sur les plus simples,

et l'étude continuelle des faits venait éclairer chaque raisonnement, en confirmer les conclusions, et à la certitude ajouter l'évidence.

« Lagrange, dans un ouvrage immortel, s'est attaché, au contraire, en ramenant tout au calcul et, s'élevant au-dessus des détails et des faits, à remplacer les phénomènes par les formules qui les enveloppent et les cachent. Sans rechercher la cause prochaine de chaque effet, ni s'attarder au fondement de l'édifice, il atteint d'un vigoureux coup d'aile et résume tout dans une seule formule; la science commence par elle et se résout en elle, elle y est contenue, mais cachée; les doctes seuls peuvent en faire usage, mais, même en guidant ceux qui savent, elle ne satisfait que ceux qui pensent, et en aplanissant la voie qui les conduit au but, elle ne l'éclaire d'aucune lumière.

« Cet ouvrage de génie exerçait sur l'enseignement une influence toujours croissante. Sans se laisser éblouir par l'autorité d'un si grand nom, Poncelet s'y déroba entièrement, et le cours de mécanique se tient plus éloigné encore de la mécanique analytique de Lagrange que le Traité des propriétés projectives de la géométrie de Descartes. Les œuvres cependant sont entièrement dissemblables, et rien n'y fait paraître l'empreinte du même génie. En portant vers l'étude du mouvement toute la puissance et la géométrie de son esprit, l'auteur du Traité des propriétés projectives pouvait faire espérer, dans un chef-d'œuvre de précision élégante, un triomphe nouveau des méthodes anciennes renouvelées et agrandies. Nul n'était mieux préparé que lui à disputer le premier rang dans le genre dont Poinsot a donné de si parfaits modèles. Ceux qui prévoient ainsi ce qui échappe à toute prévision virent leur perspicacité en défaut; laissant à d'autres la contemplation spéculative et abstraite du vrai, Poncelet révèle dans une voie nouvelle des qualités inconnues jusque-là de son esprit judicieux et sagace. Le nombre et l'importance des applications mesurent pour lui désormais tout l'intérêt d'un problème. S'il conduit la théorie dans les ateliers, c'est pour en distribuer les bienfaits, non pour en faire admirer l'élégance, heureux surtout quand l'application des principes abstraits vient éclairer la coutume, donner des règles à la routine et marquer le but au progrès.

« L'histoire de la science cite de brillants esprits qui, réunissant plus d'un talent, ont su se plier, suivant l'accident des circonstances, à la variété des sujets les plus divers : on ne produira pas un seul exemple peut-être d'un changement aussi complet.

« Ce n'est pas, comme chez Huyghens ou chez Gauss, l'esprit d'invention mécanique ou le talent de l'inventeur qui s'ajoutent par surabondance à l'ingénieuse profondeur du géomètre; ils s'y substituent. Les mathématiques, qui n'abandonnent jamais l'esprit qu'elles ont fortifié et embelli, deviennent pour lui de fidèles et robustes, mais très-humbles servantes; il ne leur demande plus des armes pour conquérir le vrai, mais des outils pour façonner le réel. Sans se piquer désormais de simplicité et d'élégance, Poncelet place le signe de la vérité dans l'accord de la théorie avec les faits. Si la roue développe le travail annoncé, si le pont-levis réclame pour sa facile manœuvre la force exactement prévue, si l'écluse dépense la quantité d'eau calculée, les formules sont bonnes et utiles, les admirera qui voudra.

« L'assimilation des puissances au travail a, depuis un demi-siècle, dans toutes les parties de la science, agité puissamment et fécondé les esprits d'élite. Aucune force dans la nature ne peut être gagnée ou perdue, le principe est général et absolu, et l'affaire du mécanicien n'est pas de créer la puissance motrice, mais de s'en emparer. Ce germe fécond de tant de vérités est supposé par les plus hardis comme un premier principe posé pour fondement de la science. Brillant pour eux de sa propre lumière, sa certitude éclate au-dessus de toutes les preuves; son énoncé reste pour d'autres le résultat le plus haut des théories physiques et le résumé de leur étude. Poncelet évite ces deux extrémités, et s'il fait appel à l'évidence, c'est après l'avoir préparée et produite.

« Les agents de toute espèce que présente la nature « considérés en eux-mêmes, nous paraissent quelque-« fois, dit-il dans son Cours de mécanique industrielle, « doués d'une énergie d'action qui leur est propre et « qui ne suppose pas une communication primitive de « travail; mais c'est une erreur qui vient de ce que « nous ne réfléchissons pas aux causes plus ou moins « immédiates de cette action. Cette eau que nous « voyons tomber du haut du réservoir où elle est re-« tenue sur la roue d'un moulin qu'elle fait marcher « par son poids, en produisant du travail mécanique, a « été d'abord amenée là par l'action de la gravité qui « la fait descendre de la partie supérieure des vallées « où elle jaillit des sources naturelles. Ces sources elles-« mêmes sont entretenues par les pluies qui tombent « sur le sommet des montagnes et s'infiltrent lente-« ment à travers le sol. Or les pluies qui proviennent « des nuages ou brouillards supérieurs et les nuages « sont produits par l'action de la chaleur du soleil qui « a vaporisé l'eau répandue sur la surface de la terre et « l'a contrainte à s'élever, malgré l'action de la pesan-« teur, de sorte que le travail recueilli dans nos usines « hydrauliques est, en réalité, une bien faible partie de « celui qui a été primitivement dépensé par la force « motrice de la chaleur. »

« Ces lignes nettes et précises sont considérables dans l'histoire de la science, mais plus d'un savant philosophe signalait avec force la généralité et la portée d'une conception dont l'importance et l'étendue, non l'énoncé même, ont été dans ce siècle une nouveauté et un grand progrès. Poncelet n'en a jamais réclamé la découverte.

« Je n'ai pas besoin, dit-il dans son Traité de méca-« nique industrielle, d'insister sur l'utilité du principe « des forces vives dans les questions variées de méca-« nique pratique. Cette utilité est constatée par les heu-« reux résultats qui ont été obtenus à diverses époques « de son application à la théorie des fluides, à celle des « différentes roues, et en général à toutes les théories « concernant le jeu et les effets des diverses machines. « Mais il convient de rappeler que c'est plus particu-« lièrement aux travaux de Daniel Bernouilli, de Borda, « de Carnot, de Navier, ainsi qu'à ceux de nos anciens « camarades à l'École polytechnique, Petit, Burdin, « Coriolis et Bellanger, qu'on doit cette importante « application et les développements les plus clairs, les « notions les plus positives sur le principe des forces « vives pris pour base de la science des moteurs et des « machines. »

« En voyant cinq camarades d'école concourir brillamment dans l'application d'un même principe sans en réclamer l'invention ni en marquer précisément l'origine, comment ne pas reporter vers l'enseignement qu'ils ont reçu en commun, une part au moins de l'honneur? Outre l'esprit élevé et curieux que tant d'autres après eux ont puisé à l'École polytechnique, les cinq mécaniciens philosophes, il est impossible de l'oublier, y ont trouvé un avantage que rien ne saurait remplacer : ils y ont reçu les leçons d'Ampère.

« Appelé, le 17 mars 1834, à remplacer Hachette à l'Académie des sciences, dans la section de mécanique, Poncelet fut peu de temps après choisi par le comité du génie comme rapporteur des travaux scientifiques et fixé désormais à Paris. C'est vers les questions de mécanique appliquée qu'il porta dès lors toute son attention. Accessible à tous, même aux inventeurs, sa rude franchise les servait mieux qu'une approbation bien-

veillante et banale. Habile à dissiper les chimères, il excellait surtout à mettre le vrai mérite en lumière, et, dans plus d'une rencontre, les développements originaux, ajoutés à ses savants rapports, en ont doublé le retentissement. Le juge, pour les travaux qui en sont dignes, devient un maître habile, soigneux de les corriger et de les étendre. Dans son rapport sur le système d'écluses de Girard, pour n'en citer qu'un exemple, les rôles, complétement intervertis, font un honneur égal au savant académicien et à l'ingénieux inventeur ; à Poncelet, depuis longtemps illustre et consommé dans la connaissance des combinaisons hydrauliques appartenait l'appréciation des vues nouvelles et des desseins de l'auteur, la discussion des principes et l'examen critique des manœuvres projetées ; les calculs de détails et le devis hydraulique de chaque pièce, application laborieuse et facile des théories connues, revenait au contraire au disciple en présence du maître, au solliciteur en présence du juge. Il n'importe, le brillant et sagace inventeur semble peu disposé à confirmer et à développer par des calculs précis les conclusions d'un pénétrant et rapide coup d'œil. Pour accorder au projet de plus justes louanges, Poncelet commencera par l'en rendre digne, et, sans vouloir rien retenir du profit ni de l'honneur, en l'accroissant par son labeur et sa science, il en rehaussera l'intérêt par l'autorité de sa collaboration.

« Une chaire, créée pour lui à la Faculté des sciences de Paris, invitait Poncelet, à partir de l'année 1838, à renouveler devant un public très-différemment préparé les lumineuses conférences de mécanique, qui naguère, à Metz, avaient su exciter et remuer des esprits si divers.

« L'Exposition universelle de Londres, en 1851, sans rien ajouter à la gloire de Poncelet, mit en lumière sa haute renommée et le respect attaché à son nom. Les savants et les ingénieurs étrangers l'accueillirent comme un arbitre et un maître. Nommé président du sixième groupe, il s'imposa, pour répondre à leur confiance, un travail que ses collègues n'auraient pas osé demander à son dévouement. Deux volumes, publiés en 1857, sous le titre de : *Rapport sur les machines et outils employés dans les manufactures*, révélèrent, sous une forme nouvelle, la puissance de cet esprit clairvoyant et tenace. Joignant à de longues et curieuses lectures la patiente recherche des traditions industrielles, et retrouvant la suite des inventions trop souvent anonymes, il se montre exactement instruit sur des sujets jusqu'alors inexplorés dans leur ensemble. Remontant parfois à l'origine des sociétés, il cite la Bible et Homère, et, sans amoindrir les procédés et les arts primitifs, il suit les traces du progrès pour en marquer toute la grandeur. Le livre de Poncelet a occupé six années de travail assidu. On reste surpris en le lisant qu'un temps si court ait suffi à tant d'exactes et difficiles recherches. Les douze cents pages de ce beau livre sont remplies, sans digressions ni longueurs, par des documents exacts et de judicieuses appréciations. La lecture, cependant, en est difficile : l'auteur s'adresse aux mécaniciens. Chaque organe, désigné par le nom qu'on lui donne dans les ateliers, n'est ni défini ni décrit; et le dessin, langage rapide et clair des ingénieurs, ne vient pas une seule fois expliquer et traduire les difficultés du texte. »

Les emprunts nombreux que nous avons fait à ce grand travail nous permettent de renvoyer le lecteur à l'œuvre du maître (Voy. TOURS COMPOSÉS, MACHINES-OUTILS), et il répètera sûrement avec nous qu'il constitue les archives des progrès de la mécanique, suivis notamment de 1825 à 1857 par leur savant auteur, avec autant de sollicitude que de compétence.

Nous ajouterons ici quelques souvenirs personnels au bel éloge qu'on vient de lire.

Nous nous sommes trouvé à l'École de Metz à l'époque où Poncelet y faisait ses cours pour la dernière fois et y avons ressenti l'impulsion puissante qu'il avait donnée à la mécanique industrielle, et qui nous permet de reporter au maître bonne partie des travaux que nous avons consignés dans le présent ouvrage.

Tout le monde sentait qu'une grande œuvre venait d'être accomplie, tout à fait comparable à celle de Monge à l'École de Mézières. Les élèves, heureux de posséder les fameux cahiers lithographiés du cours de Poncelet, étudiaient avec ardeur et satisfaction un cours si nouveau et si complet, dont les levés d'usines leur fournissaient des vérifications si probantes ; les anciens élèves, les officiers attachés à l'École d'application, cherchaient à compléter l'enseignement de Poncelet, en exécutant les systèmes imaginés par lui, et au premier rang on doit citer M. Morin, qui variait les dispositions des dynamomètres indiqués dans le cours, et faisait ses expériences sur le frottement. Enfin, dans la masse de la population ouvrière de la ville de Metz, des connaissances sérieuses de mécanique se trouvaient répandues grâce à un cours public, inspiré par celui professé avec éclat à Paris par Ch. Dupin, cours où Poncelet, simplifiant encore son enseignement de l'École, sut réduire à un degré inespéré de simplicité l'enseignement de la mécanique. S'écartant de la voie ancienne dans laquelle l'étude de la statique était la première, où l'analyse du levier conduisait nombre d'élèves à chercher les moyens de multiplier la force, au mouvement perpétuel, il remplaça, dès le début, la notion insuffisante de la force par celle du travail de la force, notion complète et qui à elle seule assure les esprits contre les plus fâcheux écarts. Puis, bientôt, montrant simplement comment le travail se transforme en force vive, Poncelet mettait ses auditeurs en mesure d'attaquer les questions difficiles de la mécanique industrielle. La route ouverte par Poncelet a été suivie depuis dans les écoles du monde entier, et peut-être jamais œuvre plus utile n'a été accomplie pour la propagation et la vulgarisation d'une série de connaissances capitales pour le progrès de l'industrie. Dans l'Introduction, à l'article MÉCANIQUE et dans nombre d'autres, nous avons trop souvent répété les leçons de Poncelet pour que nous ayons besoin de nous étendre davantage ici.

Ce serait peut-être le lieu de discuter encore si la science de l'ingénieur que nous appelons la mécanique industrielle, appliquée ou physique, car on emploie à peu près indifféremment ces divers noms, est une science particulière ou une simple application de la mécanique rationnelle, une espèce d'art qui lui emprunte ses théories. Ces questions de classification sont d'une importance secondaire; ce qui n'est pas douteux, c'est que la mécanique physique a pour domaine tous les faits d'ordre mécanique qui nous entourent, doit fournir les règles de toutes les constructions, présider à l'établissement de toutes les machines, à toutes les fabrications d'ordre mécanique. Dans les temps modernes cette science a été celle de Léonard de Vinci et de Michel-Ange, et elle a fait plus particulièrement l'objet des travaux de Galilée, d'Huyghens, de Newton, de Papin, de Parent, de Mariotte, enfin de Pascal, inventeur de la presse hydraulique. Plus près de nous, les ingénieurs Borda, Coulomb et Smeaton, les mécaniciens Vaucanson, Montgolfier et Watt, l'ont immortalisé par leurs travaux. Ces exemples suffisent pour prouver que pour accomplir des œuvres qui depuis Archimède ont exigé les efforts des esprits les plus éminents, il y a une place indéfinie à l'activité des plus belles intelligences, et le nom qui sera donné aux résultats de leurs efforts importe assez peu, la difficulté du but à atteindre n'étant pas plus contestable que l'utilité de ces travaux. Aussi Poncelet, que l'on a appelé avec raison le Newton de la mécanique appliquée, comptera toujours comme une des gloires du dix-neuvième siècle. C. L.

PONTS.

PONTS (*angl.* bridge, *all.* brücke). Parmi les ouvrages d'art que les ingénieurs sont appelés à exécuter, les ponts, c'est-à-dire les constructions qui permettent de traverser une rivière, une vallée profonde, sans faire abandonner à une route, à un chemin de fer son horizontalité, et en ne prenant sur le sol qu'un petit nombre de points d'appui, tiennent sans contredit le premier rang, à cause des connaissances nombreuses qu'elles exigent, des difficultés qui surviennent dans leur exécution, des dépenses considérables auxquelles elles entraînent. Sans parler des légendes qui se sont attachées à quelques anciens ouvrages de ce genre, les noms des plus célèbres ingénieurs sont restés attachés à l'exécution de ponts d'une exécution difficile; citons seulement pour le prouver Perronet et le pont de Neuilly, Stéphenson et le pont Britannia. C'est qu'en effet la construction d'un pont qui établit une communication entre les deux rives d'un fleuve, qui supprime en quelque sorte un obstacle naturel, par d'heureux efforts, a été souvent un grand service rendu à des populations qui n'ont été que justes, en gardant un souvenir reconnaissant à l'homme de talent qui a su triompher de toutes les difficultés.

Les ponts peuvent se diviser en ponts fixes et en ponts mobiles. Les ponts fixes, les plus nombreux et surtout les plus importants, tirent leur nom générique des usages auxquels ils sont destinés: ainsi on les appelle *passerelles*, quand ils ne servent qu'aux piétons; *ponceaux*, quand ils ne dépassent pas quatre mètres d'ouverture, et qu'ils franchissent de petits cours d'eau; *ponts proprement dits*, quand ils se composent d'une ou plusieurs arches, et qu'ils donnent accès aux piétons et aux voitures; *ponts-aqueducs*, quand il sont destinés à amener les eaux dans une ville; et enfin *ponts-canaux* lorsqu'ils font franchir à un canal, un cours d'eau ou une route quelconque. Tous, quoique différents suivant le but qu'ils doivent atteindre, nécessitent cependant des travaux qui leur sont communs et que nous allons décrire.

Système de pont à adopter. Les recherches du constructeur doivent d'abord se porter sur le système à adopter, ou, ce qui est presque la même chose, sur la substance à employer, puisque celle-ci détermine presque toujours le mode de construction possible, et sous ce rapport l'emploi du fer a fait singulièrement progresser l'art de la construction des ponts, comme nous l'avons dit à l'article SERRURERIE. Si la route que le pont doit desservir est très-fréquentée, si les communications qu'il est chargé d'entretenir sont d'une grande importance, on employera les ponts en pierre, dont la durée est indéfinie, et on évitera les ponts en charpente, qui nécessitent des réparations coûteuses, répétées, et de nature à intercepter trop fréquemment le passage. S'il s'agit d'un chemin de fer, il est évident qu'on ne pourra pas employer les ponts suspendus (tels du moins qu'on les a construits avant les travaux des ingénieurs américains dont nous parlerons plus loin); les vibrations qu'occasionne le passage des convois feraient rompre les chaînes, et, en supposant que l'on pût trouver un système suffisamment résistant, les oscillations amèneraient, dans tous les cas, des déraillements trop fréquents. Si le cours d'eau avait une grande largeur, si la profondeur du lit était considérable, le courant rapide, les communications d'importance limitée, on devrait, au contraire opter pour les ponts en fer suspendus ou en treillis, car dans le cas où l'on emploierait un autre système, il faudrait faire usage d'un grand nombre de piles, qui non seulement donneraient lieu à une forte dépense, mais encore seraient peu solides si le sol était affouillable ou compressible. Telles sont les principales règles qui doivent présider au choix du système à adopter. Ces règles, nous le reconnaissons, sont insuffisantes, et nous devons dire ici que la somme à dépenser entre comme élément important dans le choix du système à adopter: la sagacité du constructeur y supplée pour le reste.

Emplacement. Cette première question résolue, il en est une autre non moins importante à traiter, c'est celle de l'emplacement; le plus souvent elle se trouve tranchée par la force des choses. Ainsi ce sont deux rues ou deux portions de route que le pont doit mettre en communication; ce sont des rives qui étaient desservies par un bac, auquel on veut substituer un mode de transport plus commode et plus complet; enfin le sol sur lequel on devrait établir les fondations, si l'on joignait deux points de départ et d'arrivée fixés à l'avance, est de mauvaise qualité. Dans chacune de ces circonstances des inconvénients divers se présentent : les piles correspondent à une direction, mais ne correspondent pas à l'autre; les rives étant trop basses, les rampes forcent d'enterrer les maisons, et, en dernier lieu, le pont est compromis dans sa solidité, ou du moins oblige à des travaux considérables. Il devient donc indispensable d'examiner si une autre position ne conviendrait pas mieux, soit sous le rapport de la commodité des abords, soit sous celui de la solidité et de la facilité des fondations. En tous cas, on doit éviter les ponts biais, surtout pour les ponts à établir sur des cours d'eau, parce qu'ils sont difficiles à appareiller et que les piles peuvent être affouillées.

Largeur. En même temps que l'on règle l'emplacement, on traite aussi de la largeur entre les deux têtes. Cette largeur varie en raison de la population des localités que l'on veut desservir; généralement elle est fixée par les dimensions de la rue ou de la route à laquelle le pont fait suite. Dans la campagne, on fait en sorte que deux voitures puissent se croiser, ce qui exige une largeur de 5 mètres; mais pour mettre les piétons à l'abri des accidents, au moyen de trottoirs, on porte cette largeur à 7 et 8 mètres.

Débouché. La largeur une fois décidée, reste à déterminer la longueur ou le débouché. Supposons d'abord que l'on ait un pont de peu d'importance à construire, un ponceau, par exemple : pour être fixé sur le débouché qu'il convient de donner, on commence par visiter les constructions semblables établies en amont, afin de connaître les ouvertures qui y ont été données, et si l'on ne trouve pas de constructions capables de servir de guides, on cherche à connaître la section du cours d'eau à l'époque des crues et la pente, puis au moyen de la formule suivante, de M. de Prony, $RI = AV + BV^2$, on calcule la vitesse. Dans cette formule, R est le rapport entre la section et le périmètre mouillé; I, la pente par mètre; A, un coefficient d'expérience $= 0{,}000024$; B, un coefficient $= 0{,}00036$; V, la vitesse. Résolvant par rapport à V, on aura la vitesse moyenne. Appelant Q le volume d'eau qui s'écoule, Ω la section, on aura $Q = \Omega V$; équation qui permettra de connaître le volume d'eau qui s'écoule. Cela fait, il sera facile de déterminer les dimensions de l'ouverture du ponceau. En effet, prenons la formule $Q = \Omega V$, remplaçons Q par le volume des eaux qui a été trouvé précédemment, assignons à V une vitesse inférieure à celle qui est capable d'affouiller le terrain sur lequel on doit construire, on tirera facilement la valeur de la section Ω. Dans le cas où l'on serait conduit à une section trop grande pour un ponceau, on pourrait diminuer cette section, mais alors la vitesse s'accroît et dépasse la limite à laquelle les terres peuvent résister. On doit parer à cet inconvénient au moyen d'un radier général. Quelquefois, au lieu d'avoir recours aux opérations et aux calculs que nous venons d'indiquer, on se borne à suivre un règle empyrique, qui consiste à donner $0^m,45$ à $0^m,50$ de largeur de débouché pour 1,000 hectares dans les pays plats; $1^m,25$ de débouché pour 1,000 hectares dans les pays accidentés. Le calcul du débouché d'un grand pont offre plus de difficultés; on trouve, il est vrai, presque tou-

jours un guide dans les ponts situés en amont, mais souvent le remous est donné d'avance par les usines placées plus haut, dont il est indispensable de conserver la chute. Voici, dans ce cas, les diverses opérations qui sont nécessaires : le plan de la localité étant relevé bien exactement, on fait le profil en travers de la rivière, en y indiquant l'étiage et le niveau des plus grandes eaux. Pour faire ce profil, on tend une corde à laquelle sont attachées, de distance en distance, des cordelettes ; à chacune de ces cordelettes on mesure la profondeur de la rivière ; on rapporte sur le profil toutes les côtes de hauteur et de largeur, et l'on peut ensuite calculer la section à l'époque des crues et à l'époque de l'étiage. Il fait également connaître la vitesse de l'eau, mais ici la formule de M. de Prony n'est plus applicable, et l'on est obligé de recourir aux moyens suivants : un observateur se place dans un bateau muni de flotteurs en liége et d'un chronomètre ; un autre observateur se place à une certaine distance fixée, et mesurée d'avance aussi exactement que possible. Le premier observateur lâche un flotteur à un instant donné qu'il remarque au chronomètre ; quand ce flotteur, entraîné sur la veine fluide, arrive devant le second observateur, celui-ci fait un signal convenu. Cette opération est répétée 6 à 7 fois : en divisant l'espace parcouru par le nombre de secondes, on a la vitesse à la surface. On en déduit la vitesse moyenne par la formule suivante :

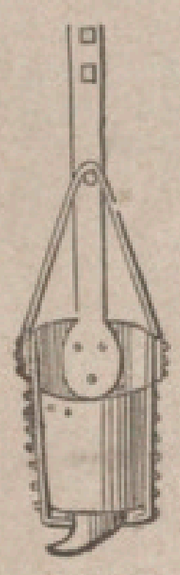
$$v = V\left(\frac{V + 2{,}73}{V + 3{,}14}\right)$$

Connaissant cette vitesse v et la section, donnée par le profil, on a le volume des eaux. Il reste à calculer maintenant la largeur entre les piles et culées de façon que le remous produit ne dépasse par certaines limites. Soit L la largeur du lit de la rivière, h la hauteur moyenne, V la vitesse moyenne, Q le volume d'eau écoulé, ce volume Q sera égal à $L\,h\,V$; soit l la largeur réduite par les constructions, x la hauteur à laquelle s'élèveront les eaux avant leur entrée sous les piles, la hauteur moyenne deviendra $h + x$; la vitesse en amont deviendra V', et Q sera égal à $l\,(h + x)\,V'$; égalant les deux valeurs de Q, on tirera $V' = \frac{h\,V}{h + x}$. Lorsque l'eau est entrée sous les piles, sa vitesse change et devient V'' ; elle éprouve en outre une contraction qui équivaut à une diminution de vitesse. Soit m le coefficient qui en tient compte, le volume Q sera égal alors à $l\,h\,m\,V''$; égalant cette valeur avec celle trouvée en fonction de V', on a $l\,h\,m\,V'' = L\,(h + x)\,V'$, d'où $V'' = \frac{L\,(h + x)\,V'}{l\,h\,m}$; substituant à V' sa valeur précédente, nous aurons $V'' = \frac{L\,V}{l\,m}$. Mais le remous est produit par la différence entre les hauteurs dues aux vitesses, on a donc $x = \frac{V''^2}{2g} - \frac{V'^2}{2g}$; remplaçant V' et V'' par leur valeur déjà trouvée, on a $x = \frac{V^2}{2g}\left(\frac{L^2}{l^2\,m^2} - \frac{h^2}{(h + x)^2}\right)$, équation en x^3. On la résoudra avec une approximation suffisante, en négligeant le terme en x^2 et en tirant une première valeur de x, que l'on substituera ensuite à x^2, et en tirant finalement la valeur de x. Le coefficient m, selon *Eytelwein*, doit être = 0,95. La formule que nous venons de donner réglera donc l'ouverture minimum que le pont devra avoir ; il faudra ensuite calculer le nombre des piles et, par suite, le nombre des arches, de manière à ce qu'elles ne soient pas restreintes. Si le pont doit être établi sur un cours d'eau qui n'est pas navigable, non sujet à de grandes crues, on pourra choisir de petites arches, parce que leur construction est plus économique que celle des grandes ; mais si le cours d'eau t sujet à des crues considérables et fréquentes, s'il sert

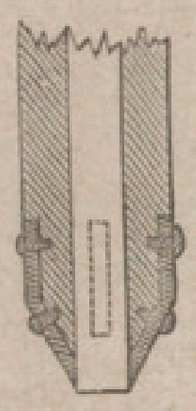
en outre à la navigation, on devra préférer les grandes arches, afin de permettre l'écoulement facile des eaux et ne pas arrêter les corps flottants, tels que glaces, arbres déracinés, qui formeraient des obstacles et causeraient la ruine du pont. Il faut aussi élever ces arches au-dessus du niveau du fleuve, de telle sorte que la navigation ne soit pas interrompue à chaque instant. Dans le cas où le sol serait affouillable ou peu résistant, on opterait également pour des arches à grande portée, afin d'éviter les fondations des piles qui seraient très coûteuses. Ces diverses considérations terminent les travaux préliminaires nécessaires à l'étude des projets d pont.

Fondations. Examinons maintenant les détails d'exécution. Quand on veut construire un pont, il est indispensable de connaître la nature du sol sur lequel on doit l'établir.

Sondages. Cette connaissance s'obtient au moyen de sondages faits non seulement dans l'axe du projet, mais encore sur les lignes transversales à cet axe. Généralement on emploie à ces opérations une sonde terminée par une tarière (fig. 2104 et 2105), qui rapporte un échantillon du terrain que l'on veut explorer. La tige de la sonde se compose de plusieurs pièces assemblées à vis. Pour opérer, on enfonce avec le mouton des pieux forés comme des corps de pompe ; on enlève successivement avec la tarière la terre qui s'y introduit. Il est important de pousser la reconnaissance jusqu'à une profondeur considérable.



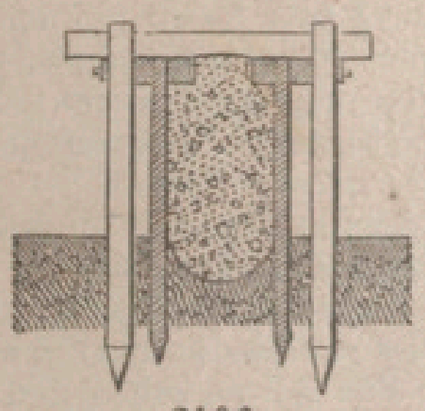
2105.



2104.

Différentes natures de terrain. Parmi les terrains que l'on peut rencontrer, les uns sont assez solides pour supporter immédiatement le poids de l'ouvrage, tels sont les roches, les tufs ; les autres, tout en étant incompressibles, sont affouillables, tels sont les sables, le gravier et certaines argiles ; d'autres, enfin, sont à la fois compressibles et affouillables, comme la vase et la tourbe. Chacun d'eux exige des modes de fondation particuliers que nous allons passer en revue.

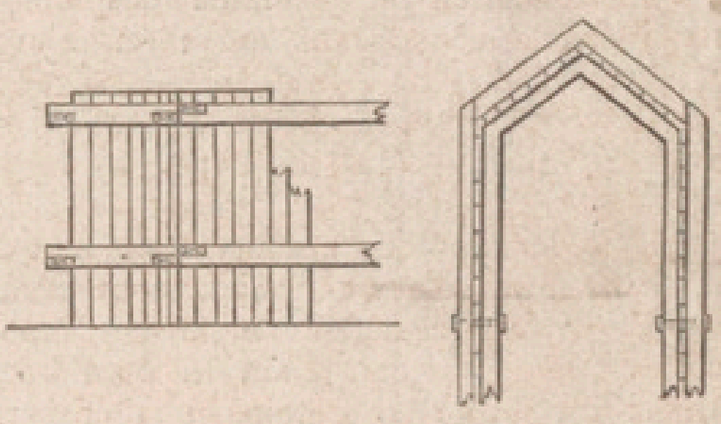
Fondation par batardeau. Les roches constituent les terrains les plus favorables que l'on puisse avoir, car elles sont incompressibles et inaffouillables. Si la profondeur de l'eau le permet, c'est-à-dire si elle ne dépasse pas $1^m,50$ à 2^m, on fonde au moyen de batardeaux (fig. 2106). On commence par draguer l'emplacement de la pile de manière à mettre le sol nu, puis, si la roche n'est pas trop dure, on enfonce des pilotis que l'on relie deux à deux par des entre-toises dans le sens transversal, et par des longuerines boulonnées dans le sens longitudinal. On place ensuite dans l'intervalle de deux fermes des palplanches qui s'appuient sur le sol et sur les longuerines, en les disposant de manière qu'elles soient jointives ; elles ont pour but de maintenir les terres que l'on pilonne derrière elles, et qui doivent achever d'empêcher l'infiltration des eaux. Il est nécessaire que ces terres aient de la liaison ; on doit par conséquent éviter l'emploi du sable. Lorsque l'emplacement qui doit recevoir la pile est ainsi entouré d'un mur à peu



2106.

près impénétrable, on l'épuise, soit au moyen de la vis d'Archimède, soit au moyen de norias ou de pompes. Ces épuisements sont poussés avec activité jour et nuit, parce que, malgré le soin que l'on a apporté à la construction du batardeau, il y a toujours des infiltrations qui se produisent et qui, accumulées, finiraient par gêner les ouvriers. Quand la fouille est à peu près à sec, on arase le sol au moyen de coups de mine et l'on construit comme sur un terrain ordinaire. Nous avons supposé ici que l'on pouvait enfoncer quelques pieux, mais le plus souvent la roche est trop dure; on relie alors les pieux qui forment la ferme par une entretoise, à peu près au niveau de l'étiage, et par un tirant de fer placé à la partie inférieure. Ce tirant, fixé d'abord à plat sous les pieux, se recourbe ensuite de champ, afin que la terre qui forme le remplissage entre les parois en planches, l'entoure parfaitement et empêche la pénétration des eaux.

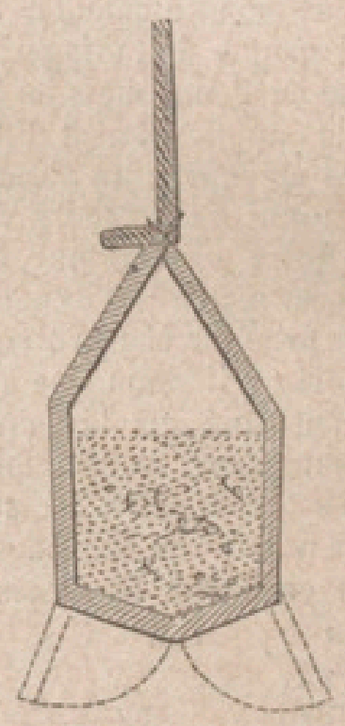
Fondation par caisse étanche. Si la profondeur est plus grande que $1^m,50$ à 2^m, on renonce au mode de fondation par batardeau, qui deviendrait trop dispendieux à cause des difficultés de construction de l'enceinte et des épuisements, qui seraient considérables; on se sert alors d'une caisse étanche (fig. 2107 et 2108). Cette caisse se compose de fortes longuerines boulonnées à des pilots, laissant entre elles un intervalle de $0^m,15$ au moins occupé par les palplanches, qui ont une épaisseur de $0^m,15$, et



2108. 2107

sont assemblées à grain d'orge afin de les rendre plus étanches. Ces palplanches se placent dans le sens perpendiculaire aux longuerines auxquelles elles sont boulonnées, elles sont maintenues en haut et en bas par un cours de ces pièces. La caisse est construite immédiatement au-dessus de l'endroit où l'on veut l'enfoncer, et on a soin de donner à la partie inférieure exactement la forme du sol sur lequel elle doit reposer; il faut donc avoir fait préalablement le draguage du lit de la rivière. Quand la caisse est achevée, on l'échoue, en enlevant les madriers sur lesquels elle reposait, l'attachant avec des câbles, et la laissant glisser le long de pièces de bois qui descendent jusqu'au fond de la rivière et la forcent à se placer exactement dans les ondulations du terrain dont elle a la forme. Cela fait, on coule du béton par les procédés que nous exposerons tout à l'heure, et l'on fait les épuisements comme à l'ordinaire.

Caisse non étanche. Les deux systèmes de fondations que nous venons d'indiquer nécessitent toujours des épuisements, opérations coûteuses et quelquefois impossibles, si le cours d'eau est très profond : aussi a-t-on imaginé de se servir d'un caisson construit à peu près dans le genre de celui que nous venons de décrire, mais dont les palplanches affûtées ne sont pas assemblées entre elles. Pour établir cette caisse non étanche, on commence par enfoncer les pilots jusqu'au rocher; on les relie par des longuerines, puis on bat les palplanches dans l'intervalle des longuerines jusqu'à ce qu'elles atteignent aussi le rocher; on drague ensuite le sable compris dans l'intérieur de la caisse, et l'on procède à la coulée du béton. Cette opération, très importante dans ce mode de fondation, car c'est sur lui que repose toute la solidité de l'ouvrage, se fait au moyen de différents appareils, qui tous ont pour but d'empêcher qu'il ne se délaie dans sa chute : ce sont généralement des seaux que l'on descend jusqu'au fond, et que l'on fait basculer, ou bien des caisses à fond mobile que l'on ouvre lorsqu'elles sont parvenues jusqu'au sol (fig. 2109). Dans tous les cas, on a soin de comprimer le béton à mesure qu'on l'immerge, afin qu'il s'étende en nappes; on intercale aussi de temps en temps des lits de pierre que l'on place, autant que possible, près de la paroi de la caisse, afin que, si celle-ci vient à se détériorer, elles puissent offrir de la résistance aux corps flottants qui sont souvent entraînés par les eaux. On peut aussi, pour donner plus de solidité, réunir les poteaux par des tirants en fer; mais alors il faut, avant l'immersion de la caisse, y fixer des crochets. Les tirants que l'on place ultérieurement à différentes hauteurs, dans la maçonnerie, sont munis d'œils; on les fait glisser jusque sur les crochets, en les guidant avec des tiges de fer; on peut encore ajouter à la solidité de l'ouvrage en donnant du fruit aux palplanches et pilots. Ce fruit est généralement de 1/5 à 1/6. Le moyen le plus généralement employé dans la pratique consiste à couler le béton dans une caisse rectangulaire en bois, inclinée par rapport à l'axe de la pile. Dans ce canal, on verse les brouettes de béton, qui se trouve ainsi dans un milieu stagnant isolé des eaux courantes qui pourraient le délayer. Il est également important de verser le béton du côté de l'amont, pour que le cours de l'eau aide au nivellement des couches, et pour que la chaux délayée ait à parcourir la longueur de la pile avant de s'échapper.

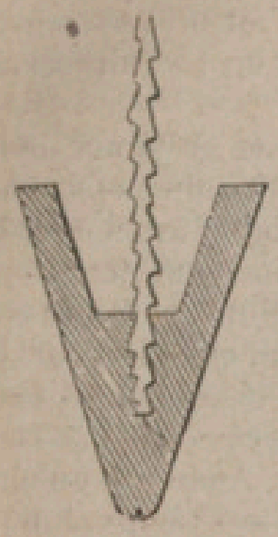


2109.

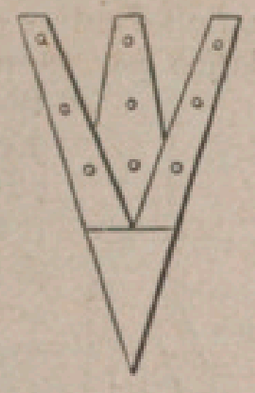
Fondation sur gravier, cailloux, argile. Les fondations sur sable ou gravier nécessitent des moyens tout différents de ceux que nous venons de passer en revue. En effet, quoique le sol soit incompressible, il est très affouillable; et si on employait les caissons sans autre précaution, l'eau, dans les crues, ne tarderait pas à enlever le sable qui se trouverait sous les maçonneries, et il en résulterait des tassements qui amèneraient infailliblement la chute du pont. C'est encore à cause des affouillements et des infiltrations que les batardeaux ne sont pas applicables; car avec ces terrains les épuisements seraient presque impossibles.

Pilotis. Le mode de fondation le plus usité, dans ces circonstances, consiste dans l'emploi des pilotis. Les pilots ou pilotis sont des pièces de bois que l'on enfonce verticalement dans le sol de la rivière, et qui servent à supporter un plancher sur lequel on établit les piles ou culées. Le bois le plus souvent employé à cet effet est le chêne, qui se conserve parfaitement quand il est plongé entièrement dans l'eau, et qu'il n'est pas soumis alternativement à l'action de l'air et à celle de l'eau; on emploie aussi quelques espèces de pins, le pin maritime, par exemple, qui sert, dans le midi de la France, à toutes les constructions hydrauliques. Les pièces de bois destinées à former des pilotis sont armées à leur extrémité inférieure, qui est nécessairement le petit bout, d'un sabot, soit en fonte, soit en fer. Ce sabot a pour but d'empêcher le bois de s'émousser, lorsqu'il traverse des couches de terrain consistantes. Quand il est en fonte, il est formé d'une masse conique en métal munie, dans l'intérieur, d'une barre dentelée en fer (fig 2110). Pour le fixer à l'ex-

trémité du pieu, on commence par donner à celui-ci une légère forme conique, afin que le sabot puisse s'y adapter; puis on l'enfonce à coups de masse, en faisant pénétrer la barre dentelée dans le milieu du pieu. Si le sabot est en fer, il a aussi la forme conique, mais il est



2110.



2111.

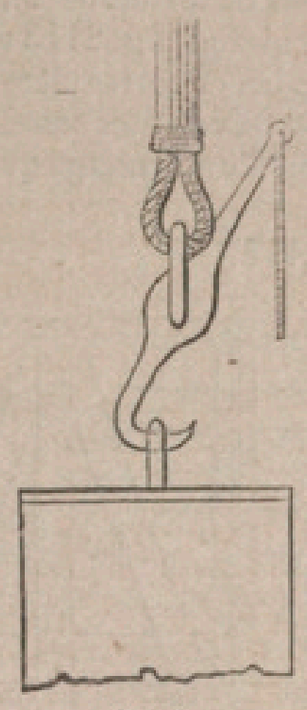
muni de trois ou quatre branches percées de trous (fig. 2111). Ces trous reçoivent des broches en fer qui fixent le sabot d'une manière invariable. L'autre extrémité du pieu devant recevoir des chocs violents, il est nécessaire de la consolider aussi, sans quoi elle se détériorerait; on la garnit d'une frette ou cercle en fer, qui retient les fibres du bois et les empêche de se déchirer. Le plus généralement on emploie les sabots en fer avec des branches, comme il a été dit précédemment, que l'on pose à chaud.

Sonnettes à tiraudes. Les machines destinées à enfoncer les pieux sont appelées sonnettes; les sonnettes sont de deux sortes, à tiraude ou à déclic. La sonnette à tiraude se compose d'un patin en charpente fixé à un bateau; sur ce patin s'élèvent deux pièces verticales et parallèles appelées jumelles, distantes entre elles de 0m,10 à 0m,15; elles sont consolidées sur les côtés et par derrière au moyen de jambes de force. C'est devant ces deux jumelles que se meut la masse qui doit produire l'enfoncement par sa chute, et qui est appelée mouton. Les moutons sont en bois ou en fonte; les moutons en bois sont formés d'un bloc rectangulaire de bois dur, pesant à peu près autant que les pieux qu'ils sont destinés à enfoncer; ils sont garnis sur leur face inférieure de clous en fer; sur le côté qui frotte contre les jumelles se trouvent deux oreilles qui s'engagent dans l'espace vide qu'elles laissent entre elles, et qui sont munies de clefs, afin que le mouton ne vacille pas. Le mouton est soulevé au moyen d'une corde qui s'enroule sur une poulie placée au sommet de la machine. L'extrémité de cette corde se ramifie en un nombre de cordes plus petites, égal à celui des ouvriers : on appelle volée une série de 20 à 25 coups de mouton frappés de suite.

Sonnettes à déclic. Dans les sonnettes à déclic, le mouton, au lieu d'être en bois, est en fonte. Quand il arrive au sommet de sa course, au lieu de retomber avec sa corde, le crochet qui le tenait attaché se décroche au moyen d'un déclic ou d'un levier, et le mouton tombe tout seul. Il faut alors redescendre la corde pour le raccrocher et le soulever de nouveau (fig. 2112). Le mouton, dans ces sonnettes, est plus pesant que dans les sonnettes à tiraudes; il est élevé à une plus grande hauteur. Dans ces derniers temps, on a appliqué les marteaux à vapeur, et mieux le marteau-pilon, au battage des pilots; tout l'appareil était supporté par le pieu à enfoncer; on a pu donner 70 à 80 coups de mouton par minute, tandis qu'avec la sonnette à tiraude ordinaire on ne peut en donner que 20 à 25. Pour enfoncer un pilot de 9 à 12 mètres, il ne fallait que deux ou trois minutes. Cette machine a réalisé une

grande économie; elle est susceptible d'heureuses applications dans les grands travaux hydrauliques.

La première chose à faire, quand on a à établir un pont sur pilotis, c'est de calculer le nombre de pieux qui seront nécessaires à chaque pile ou à chaque culée pour supporter le poids du pont, on y arrive facilement sachant, d'après les expériences de Perronnet, qu'un pieu de 0m,20 à 0m,21 de diamètre peut supporter sans s'altérer une charge de 24.000 kilogrammes et 25.000 au plus. L'opération du battage, toute simple qu'elle soit, présente quelquefois des difficultés. En effet, il est indispensable que les pieux atteignent un sol résistant, sans quoi ils seraient déchaussés par les affouillements. Or, très souvent il arrive que, même dans le sable, ils ne s'enfoncent que de 2 à 3 mètres, et refusent d'aller plus avant. Pour remédier à ces inconvénients, on peut draguer le sable à une profondeur telle que le sol résistant soit atteint par les pieux. Si, malgré cela, les terrains solides ne pouvaient être pénétrés, on serait obligé d'entourer le pilotage de forts enrochements ou d'avoir recours à une fondation par encaissement que nous exposerons ultérieurement. Dans ces sortes d'enrochements, il convient d'éviter l'emploi du béton qui adhère aux pieux, et permet à l'eau de venir entraîner le sable placé immédiatement au-dessous; on se sert, autant que possible, de pierres plates.



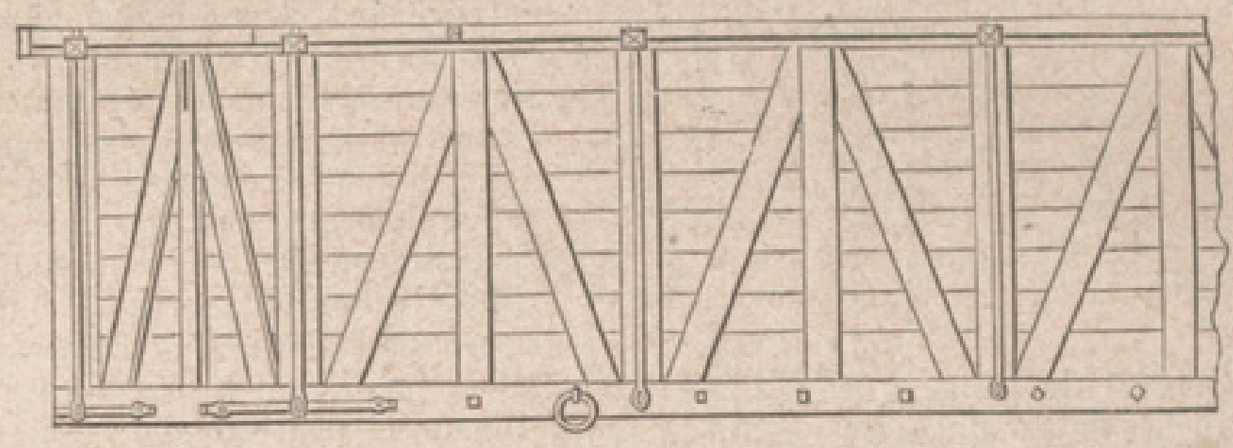
2112.

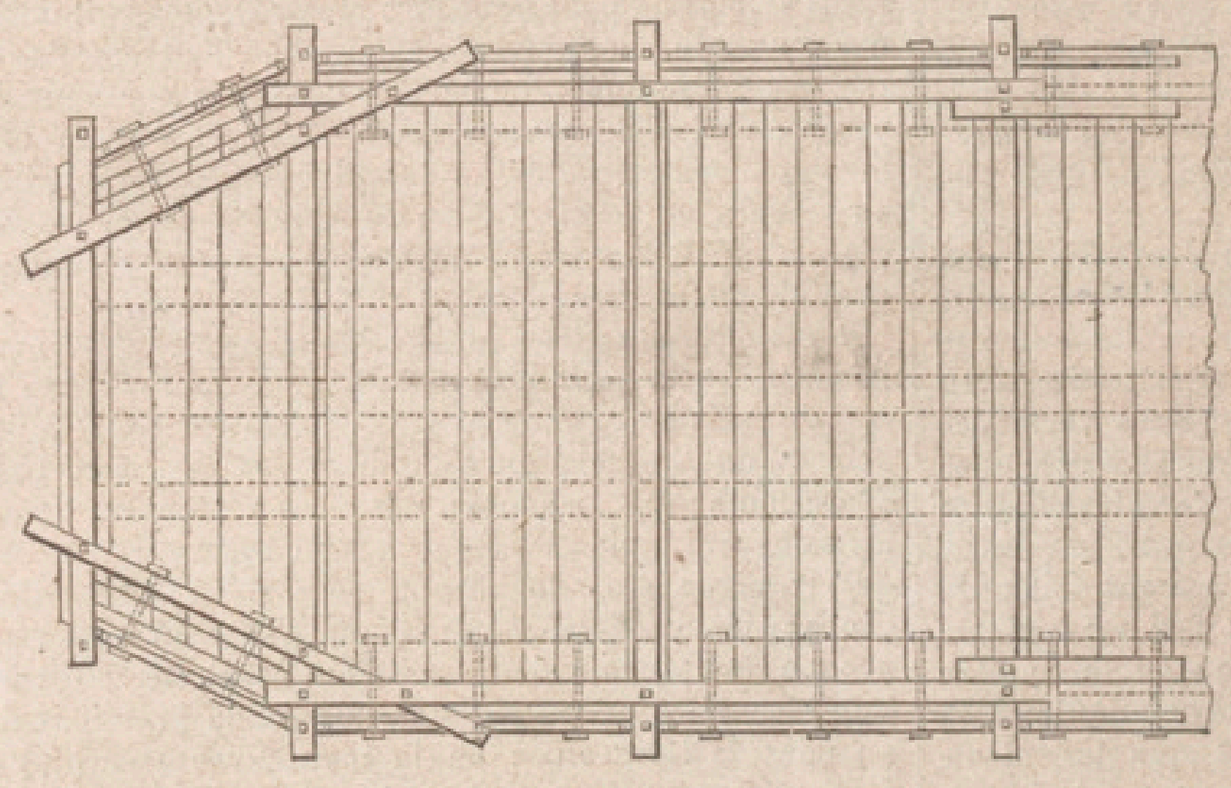
Recépage. Les pieux ainsi enfoncés sont loin d'avoir la même hauteur au-dessus du fond du cours d'eau; les uns ont pris une fiche considérable, les autres n'en ont pris qu'une faible; on doit alors les égaliser. Cette opération se fait au moyen des scies à recéper. Parmi les scies qui sont en usage, la scie Decessart est celle qui travaille avec le plus de précision; mais elle a l'inconvénient d'être coûteuse et d'opposer une assez grande résistance à l'eau; celle qui est préférée est une scie circulaire qui a fonctionné pour la première fois au pont de Bordeaux : on la manœuvre avec plus de facilité. On se sert aussi quelquefois d'une scie oscillante, quand on n'a pas besoin d'une grande précision dans la coupe des bois. Quoi qu'il en soit, il est très important que le plancher sur lequel on établit la scie soit parfaitement horizontal, puisque c'est de cela seul que dépend le bon résultat du travail. Le recépage a lieu à environ 0m,60 ou 0m,70 au-dessous des plus basses eaux. Quand il est achevé, on relie les files de pilots par des chapeaux ou longuerines de fort équarrissage, que l'on fixe au moyen de boulons en fer dans la tête des pieux. Pour que cette opération réussisse, on prend la précaution de relever exactement leur position, et de percer au droit de leur tête un trou pour le passage du boulon; on dirige ce dernier dans le trou préparé à l'avance au moyen d'un tuyau; et quand il y est entré, on achève son enfoncement à coups de masse. Lorsque les chapeaux sont en place, on fixe dans le sens transversal, à l'aide de broches, les pièces qui doivent former le plancher sur lequel on fonde la première assise; la distance entre le plancher et l'étiage n'est plus alors que d'environ 0m,10 à 0m,15.

Fondation sur caisson. Jusqu'ici nous avons supposé que la rivière n'était pas très-profonde et que l'on n'était pas gêné par les crues; mais si on se trouve dans de pareilles circonstances, il est nécessaire de modifier un peu les procédés que nous venons d'indiquer; en effet, il serait très-difficile de trouver des pieux assez longs pour qu'ils pussent prendre une fiche convenable dans le sol

résistant, et, quand bien même on y arriverait, ils ne supporteraient pas d'une manière convenable la poussée des eaux, en raison de leur grande hauteur au-dessus du fond de la rivière, ils s'inclineraient certainement et produiraient peut-être la ruine du pont. On pare à ces accidents en recépant les pieux à peu de distance au-dessus du lit et en faisant usage d'un caisson (fig. 2113 et 2114). Le caisson se compose d'un cadre en fortes pièces qui a la forme de la pile, de racinaux ou traversines dans le sens perpendiculaire au cadre, et enfin d'un vannage que

2113.





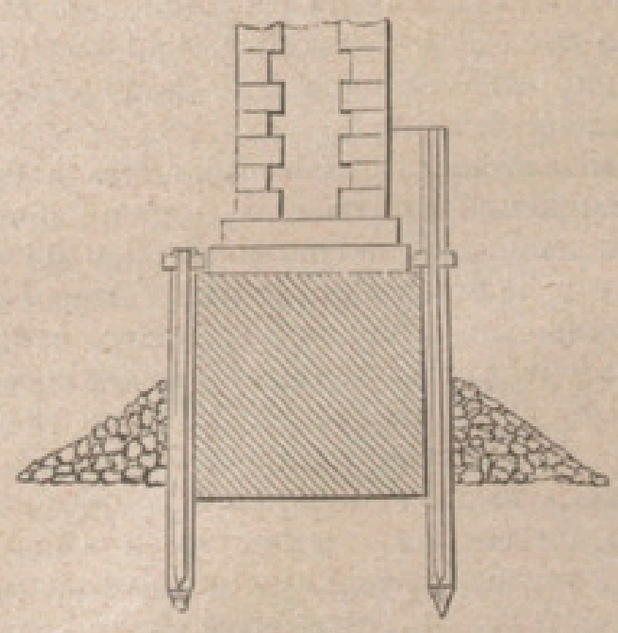
2114.

l'on peut enlever apres l'échouage du caisson et qui a pour effet de mettre à l'abri des crues. Les racinaux qui forment le plancher sur lequel on construit s'assemblent dans les cadres au moyen de tenons et sont reliés, de distance en distance, par des boulons ; on leur donne une épaisseur uniforme, ou bien on donne à ceux qui reposent sur les pieux une épaisseur plus considérable, et on comble la différence de niveau par des madriers transversaux. Les vannages sont formés de compartiments de 3 à 4 mètres ; ils s'assemblent au moyen de rainures ménagées dans les cadres et dans des poteaux verticaux. Afin de les assujettir solidement, on place transversalement au caisson des madriers qui dépassent les bords de $0^m,50$ à $0^m,60$; ils sont reliés avec le cadre au moyen d'un tirant en fer muni d'un œil et d'un boulon. On place l'œil dans un crochet placé à cet effet dans le cadre et on boulonne sur les madriers. Tous les joints sont calfatés, afin de les rendre parfaitement étanches. La caisson se construit sur une berge de la rivière près de l'emplacement du pont ; quand il est achevé, on le met à flot en le faisant glisser sur un plan incliné, et l'on commence la maçonnerie des piles dans son intérieur ; lorsque l'on a élevé deux ou trois assises de manière à lui donner du poids, on l'amène sur l'emplacement de la pile et on

PONTS.

l'échoue sur les pieux préparés à cet effet. Cet échouement se fait en laissant entrer l'eau dans certains compartiments, tandis que dans certains autres on continue la maçonnerie. Si le caisson est assez lourd pour ne pas être soulevé par la rivière, on épuise l'eau introduite et on continue la maçonnerie jusqu'à ce qu'elle s'élève au-dessus de l'étiage et qu'on n'ait plus à craindre les crues ; on enlève les vannages et on les fait servir à la construction d'autres piles.

Fondation par encaissement. Les systèmes de fondations sur pilotis, que nous venons de décrire avec plate-formes ou caissons, offrent certainement toutes les garanties de solidité suffisantes, mais ils sont coûteux en raison de la grande quantité de bois qu'on y emploie et des travaux accessoires dans lesquels ils entraînent. Aussi a-t-on cherché, dans ces derniers temps où l'établissement des chemins de fer a nécessité un grand nombre de ponts, une méthode plus économique. On y est parvenu au moyen des encaissements. Pour fonder par encaissement, on bat une série de pieux qu'on relie par des longuerines boulonnées, entre lesquelles on enfonce des palplanches, on drague le fond compris dans l'enceinte que l'on a formé, et l'on y coule du béton comme à l'ordinaire; mais les pieux et les palplanches n'étant pas suffisants pour se préserver des affouillements, on fait tout autour de l'encaissement de forts enrochements en pierre qui viennent remplacer le sable à mesure qu'il est entraîné et protégent le sol contre l'action du fleuve. Cette méthode, à laquelle nous n'hésitons pas à donner la préférence, a été employée avec succès dans les ponts d'Oissel, sur la ligne de Paris à Rouen. Le fond se composait de gravier, on avait donné à l'encaissement la forme représentée (fig. 2115). Le chapeau se boulonnait avec les pieux, et dans quelques piles, pour donner une plus grande solidité, on avait placé deux chapeaux, l'un au-dessus de l'étiage, l'autre à deux mètres au-dessus du fond de la rivière ; pour placer celui-ci, on l'assemblait avec quatre pieux extrêmes, au moyen de boulons, à la



2115.

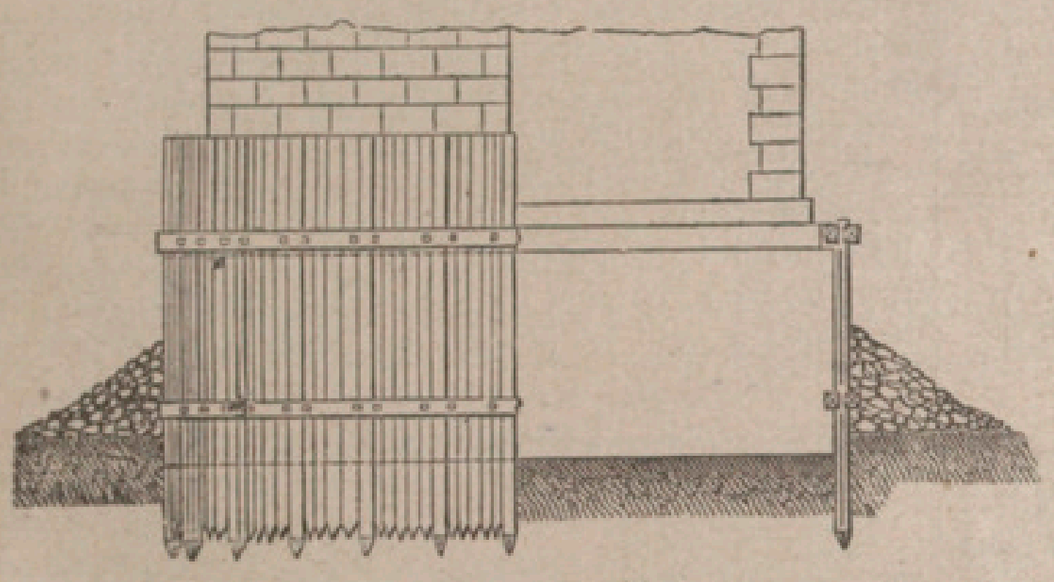
distance même où il devait se trouver, puis on battait successivement les quatre pieux et l'on enfilait ensuite les autres dans les vides ménagés dans ce chapeau inférieur.

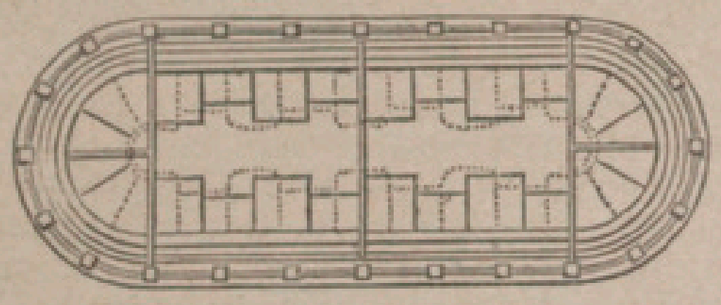
PONTS.

On agissait de la même manière avec les palplanches ; celles-ci, aussi bien que les pieux, affectaient une inclinaison ou fruit dans le sens de la pile pour donner plus d'empâtement aux fondations en béton. Quand tous les pieux étaient battus, on assemblait le chapeau supérieur et on le fixait avec les boulons au-dessous de l'étiage, puis on draguait le fond. On s'est servi pour ce travail de cuillers ordinaires de draguage en fer emmanchées d'un long bras de levier et terminées, à leur extrémité, par une chaîne s'enroulant sur un treuil ; le levier servait à presser dans le sol et le treuil servait à retirer la cuiller après son action sur le fond. Pour maintenir l'inclinaison des pieux, on se contentait de les tirer avec une corde dans le sens du surplomb, c'est-à-dire intérieurement pendant que le mouton tombait verticalement. Nous donnons (fig. 2116 et 2107) la coupe longitudinale et la coupe horizontale de ce système dont l'expérience a sanctionné l'efficacité.

Dans quelques circonstances, au lieu d'employer ces pilotis ou les encaissements, on s'est contenté d'établir

2116.

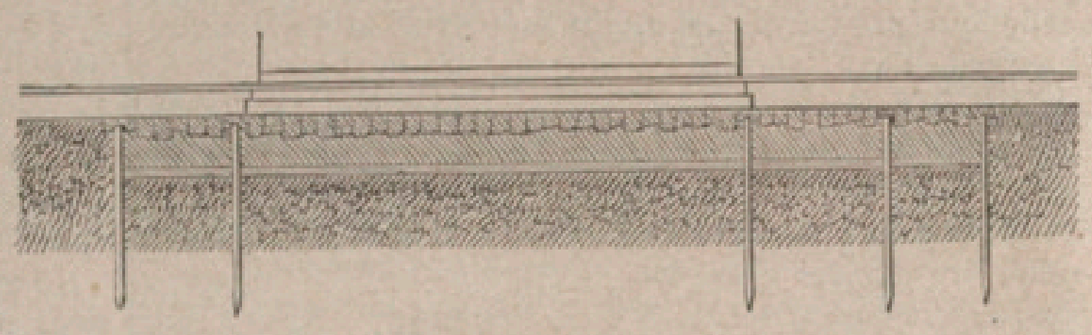




2117.

de forts enrochements à l'aide de pierres jetées dans le lit de la rivière à l'emplacement même de la pile, c'est ce que l'on appelle enrochements à pierres perdues. Cette sorte de fondation, qui est celle du pont Saint-Esprit sur le Rhône, résiste assez bien au courant, mais elle a le grave inconvénient de rétrécir beaucoup le débouché de la rivière, à cause de l'empâtement que l'on est obligé de lui donner, d'augmenter beaucoup la vitesse de l'eau entre les piles et de rendre la navigation difficile. Des exemples récents démontrent d'ailleurs que ce système ne réussit pas toujours, et qu'il peut arriver que ces enrochements glissent ou s'enfoncent dans le sol et que la pile suive ce mouvement et s'affaisse.

Fondation sur un terrain vaseux et tourbeux. — Radiers généraux. Lorsque l'on a à exécuter des travaux de fondation sur un sol tourbeux ou vaseux, les précautions à prendre pour prévenir les tassements et les affouillements doivent être encore plus minutieuses. Deux genres de travaux sont alors en usage, ce sont les radiers généraux et les grillages. Dans la construction des radiers généraux, on remplace le sol naturel par un sol factice en maçonnerie qui s'étend dans toute la partie du cours d'eau que devra occuper le pont : c'est dessus qu'on établit les piles et culées (fig. 2118). On commence donc à battre les palplanches transversalement à la rivière ; généralement on en bat trois



2118.

rangs parallèles en amont et deux rangs en aval du pont ; les trois rangs d'amont sont nécessaires, parce que c'est en cet endroit que les affouillements sont le plus à craindre. Lorsque la profondeur de la rivière n'est pas trop considérable, on peut faire des épuisements ; on construit alors des batardeaux dont les palplanches sont assemblées à grain d'orge, afin d'empêcher, autant que possible, la pénétration des eaux. Quand on a endigué ainsi une portion du sol, on le dragne et on le remplace par une maçonnerie de béton et de libages ; il est indispensable de faire ce travail par portions, afin de ne pas arrêter l'écoulement des eaux et d'avoir une masse d'eau moins grande à enlever à la fois, car c'est là la grande difficulté de cette sorte de fondation ; souvent, malgré toutes les précautions, l'eau s'infiltre par-dessous les palplanches, et alors on est obligé, comme au pont de Moulins, d'établir sur le fond de la fouille un plancher calfaté avec de la glaise. Au pont du Guetin, qui a été fondé à peu près dans le même système, au lieu de donner une épaisseur uniforme au radier, on l'a augmentée en amont et en aval, ce qui est une précaution utile, puisque c'est surtout en ces endroits que les ponts se trouvent minés par les courants d'eau.

Quelquefois, à la place de la maçonnerie, on emploie avec succès des fascinages que l'on étend dans toute la longueur du pont et que l'on charge avec du gravier et des enrochements. Ce système est beaucoup plus économique, mais il ne peut servir que dans certains cas ; il est d'ailleurs moins bon que celui qui a été mis en usage aux ponts de Bordeaux et de Rouen, et que nous allons décrire.

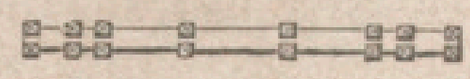
Fondation sur grillages. On commence par enfoncer des pieux tout autour de l'emplacement de la pile, puis quelques-uns dans l'intérieur. Leur effet est de guider un treillage en charpente préparé hors de l'eau, et que l'on immerge ensuite (fig. 2119, 2120 et 2121). Ce treillage a lui-même pour but de reporter les pressions sur une plus grande surface et de maintenir les pilots, que l'on bat ensuite dans chaque carré jusqu'à ce qu'il y ait refus. Quand le battage est terminé, on recèpe et on place le caisson comme à l'ordinaire. On peut aussi, comme au pont de Rouen, battre deux rangs de pieux jointifs, les entourer d'un cadre, et former une sorte de pilotage jusqu'à ce que le terrain soit devenu suffisamment solide par la compression.

Construction hors de l'eau des piles et culées. Tout ce que nous avons dit sur les fondations se rapporte à l'établissement des piles. Quant aux culées, les travaux sont à peu près les mêmes ; seulement nous ferons remarquer qu'à cause du peu de profondeur de l'eau, on peut presque toujours employer les batardeaux et les épuisements qui permettent de construire à sec, et par conséquent avec plus de facilité.

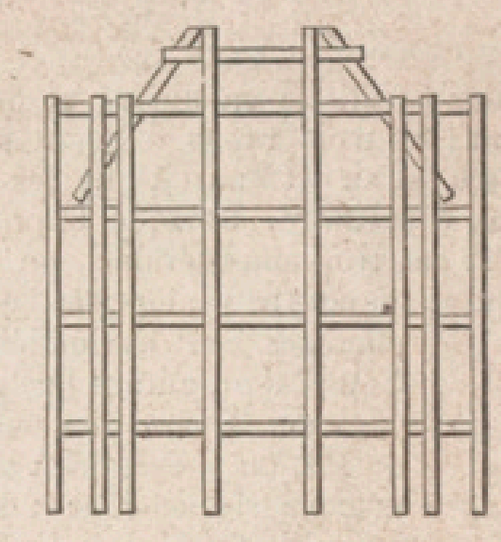
piles sont terminées en amont par des avant-

becs et en aval par des arrière-becs. Ce sont des ouvrages destinés à leur donner plus de solidité, mais surtout à les protéger contre l'effort des eaux et le choc des corps flottants. La forme des avant-becs n'est pas indifférente. D'après les expériences de Gauthey, celle qui produirait le moins de perturbation dans le cours de l'eau, serait composée de deux arcs de cercle qui se coupent, mais l'angle aigu serait promptement détérioré par les glaces; aussi a-t-on adopté la forme demi-circulaire. Celle qui conviendrait le mieux après celle-ci serait elliptique, mais elle est difficile à construire. Enfin la moins avantageuse est la forme angulaire, tant à cause du remous qui est plus considérable qu'à raison du danger qu'elle présente à la navigation. C'est pour ces motifs qu'elle n'est usitée que dans les anciens ponts. En même temps que l'on règle la forme des piles, on fixe aussi leur épaisseur. Autrefois les piles avaient de fortes dimensions, on les calculait, comme les culées, de manière à résister à l'effort de toute la voûte; il en résultait que la navigation était gênée aussi bien que la circulation, parce que l'on était obligé d'adopter de petites arches fort élevées. Aujourd'hui que l'on construit des ponts en arc de cercle, la circulation est beaucoup plus facile; mais aussi la poussée est plus considérable, et on ne peut plus calculer les piles de manière à leur donner des dimensions suffisantes pour en faire des culées. Le seul inconvénient de ce système, c'est que si, par un cas fortuit, l'une des arches est détruite, la pile ou les piles qui la soutenaient ne sont plus suffisantes, et la destruction du pont s'ensuit immédiatement. Il n'en est pas de même des culées; on n'a plus ici, comme pour les piles, deux poussées qui se détruisent, chaque culée supporte la poussée d'une demi arche et doit y résister. Pour déterminer ses dimensions, on cherche le moment de stabilité du pied-droit et de la voûte, en supposant déjà connue l'épaisseur de ce pied-droit. Cette valeur devra au moins être égale au moment de la poussée horizontale; l'équation posée, on verra facilement si cette épaisseur qui a servi de point de départ est admissible.

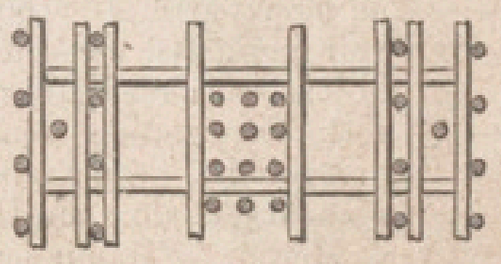
2119.



2120.



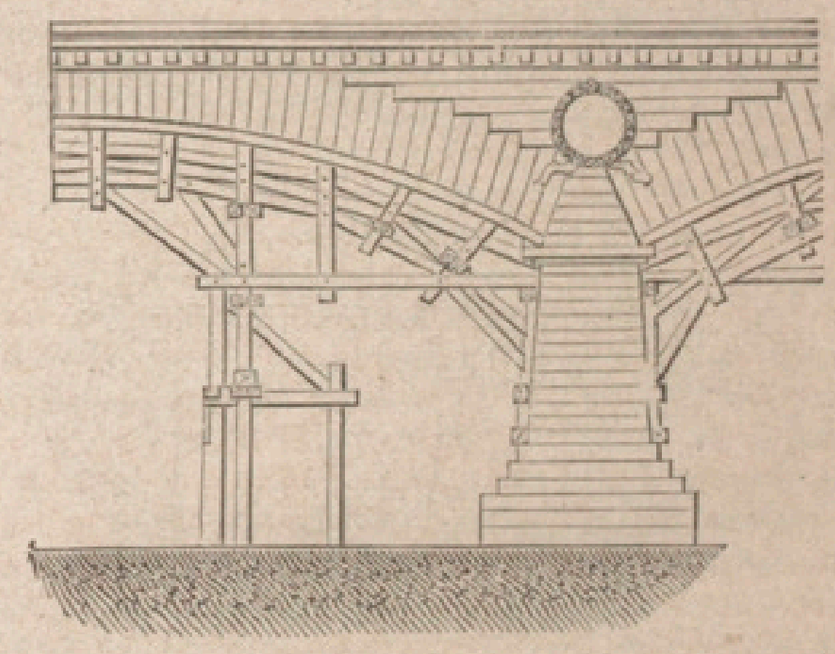
2121.



La construction hors de l'eau des piles et culées n'offre aucune difficulté. Les matériaux pour les piles sont apportés dans des bateaux et enlevés par des grues jusque sur les piles. Ces matériaux peuvent être de la pierre de taille, du moellon ou de la meulière. Si c'est la pierre de taille que l'on emploie, les pierres apparentes seules sont taillées; le reste se fait avec des libages ou du moellon. Si c'est du moellon ou de la meulière, les avant-becs et arrière-becs n'en sont pas moins faits en pierre de taille; il n'y a que les parements latéraux qui sont construits en petits matériaux, encore les relie-t-on avec des chaînes en pierre de gros échantillon. Dans le cas où l'on a un terrain compressible, on évide les piles par des voûtes, afin de leur donner moins de poids; mais il est évident que ce système n'est applicable qu'à des ponts légers, tels que les ponts suspendus. Les piles, ainsi que les culées, sont couronnées par des bandeaux; elles sont également munies d'anneaux appelés organeaux.

Les opérations que nous avons décrites jusqu'ici s'exécutent ordinairement dans l'espace d'une campagne. On laisse les tassements se faire pendant l'hiver, et au printemps suivant on commence les travaux accessoires nécessaires à la construction des arches. Ces travaux consistent en cintres et en ponts de service.

Cintres fixes. Les cintres sont des charpentes destinées à soutenir les voussoirs qui doivent former les arches pendant le cours de leur construction. Ils sont fixes ou mobiles. Les cintres fixes sont formés de poutres qui prennent des points d'appui dans la rivière, et soutiennent un système de charpente qui a généralement la forme de fermes ou de triangles invariables. Ces poutres, comme au pont de Tours, peuvent s'appuyer sur une fausse pile en maçonnerie que l'on détruit quand le décintrement est fait; d'autres fois, elles sont supportées par un système de pilotis qui disparaît également lors de l'achèvement du pont. Dans les circonstances ordinaires où l'on construit sur une rivière navigable, on est obligé de réserver une arche marinière, c'est-à-dire capable de laisser passer les bateaux. Les cintres sont composés de plusieurs fermes, suivant le poids des ouvrages à supporter; on les relie entre elles par des moises horizontales boulonnées. Sur les arbalétriers, on place les couchis qui supportent les voussoirs au moyen de cales. Quand on veut décintrer, on peut, comme au pont d'Iéna (fig. 2122), ruiner petit à petit les poutres qui servent de support à tout le système, et qui s'assemblent à tenon et mortaise avec les pièces fixées au fond de la rivière; de cette façon les tassements se font doucement sans compromettre la solidité de l'ouvrage.



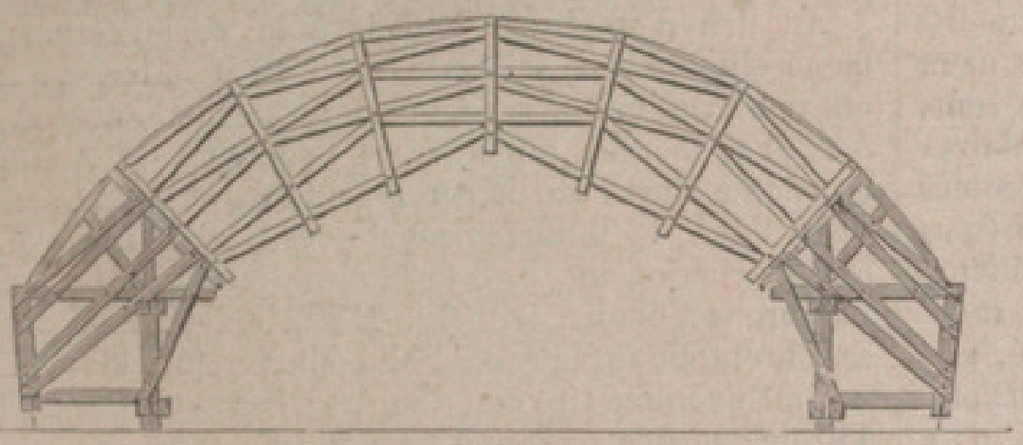
2122.

Cintres retroussés. Les cintres qui ne prennent point d'appui dans le fond de la rivière sont dits retroussés; ils sont formés d'une série de poutres butant les unes contre les autres, reliées entre elles par des tirants et moises pendantes; mais, par cela même qu'ils n'ont pas d'appui intermédiaire, ils éprouvent un tassement considérable et sont moins bons que les autres. On les compose de plusieurs fermes reliées entre elles comme dans les cintres ordinaires.

Cintres mobiles. Les cintres mobiles sont ceux qui peuvent se transporter d'une arche à une autre pour servir à la pose des voussoirs. Ils sont divisés en deux parties, l'une qui est attenante à chaque pile, l'autre qui est mobile et retroussée. On fixe la partie mobile au moyen de coins maintenus par des taquets pour qu'ils ne glissent pas. Lors du décintrement, on fait

glisser le taquet, et on ruine les coins de telle sorte que le tassement ait lieu par degrés. Au pont de Bordeaux, on a employé un système mixte (fig. 2123) : la partie hachée était fixe, la partie du milieu était mobile et formée de six rangs d'arbalétriers. Cette disposition était motivée par la difficulté d'établir des appuis intermédiaires et par les inconvénients qu'aurait présentés l'obstruction des arches.

Un complément indispensable à un cintre est un pont de service, au moyen duquel on amène tous les

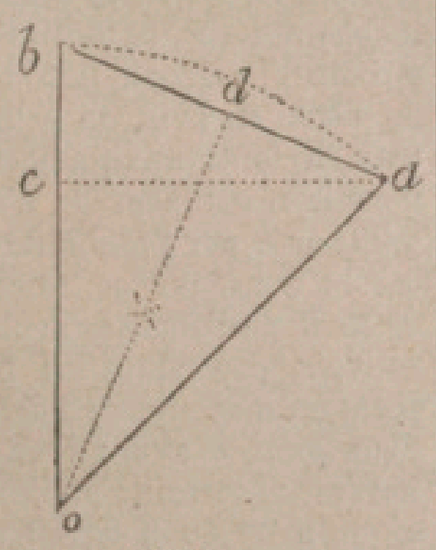


2123.

matériaux qui doivent entrer dans la construction des arches. On peut le placer latéralement à la construction qu'il dessert, ou bien sur les cintres eux-mêmes. Le premier système rentre dans les ponts en charpente ordinaire dont il sera parlé ultérieurement ; le second nécessite un déplacement continuel des supports à mesure que la pose des voussoirs avance. C'est ce système qui cependant a été préféré aux ponts de Moulins et de Sèvres.

Formes des arches. Les arches dont on s'occupe aussitôt que ces travaux préparatoires sont terminés ont des formes variées. Autrefois on ne connaissait guère que le plein-cintre, ou demi-circonférence à laquelle les parois des piles sont tangentes ; mais ces ponts, qui exigeaient une grande élévation dans les arches, étaient d'un accès si difficile, qu'on dut songer à y substituer une courbe d'une moindre flèche : on imagina alors les anses de panier ; ce ne fut que plus tard qu'on songea à employer une courbe qui facilitât davantage encore les abords et qu'on fît usage de l'arc de cercle. Nous allons donner seulement le tracé des arches sans entrer dans les considérations théoriques par lesquelles on détermine leur épaisseur. Nous renvoyons pour cela au mot VOUTE, où ce sujet trouve naturellement sa place ; autrement nous serions forcés d'entrer dans des détails qui sortent du cadre que nous nous sommes fixé.

Tracé des arches. Le tracé du plein-cintre est le plus simple de tous, c'est un demi-cercle dont le rayon est égal à la moitié de la largeur de l'arche. Le tracé de l'arc de cercle dépend de la montée ou flèche ; elle doit être au moins de 1/8 de l'ouverture ; quand elle est moindre, il existe trop peu de différence entre l'intrados et l'extrados, et la voûte n'est pas stable. L'ouverture n'a pas dépassé pour les ponts en pierre et en charpente 35 à 36^{m}. Pour tracer l'arc de cercle, connaissant la montée et l'ouverture de l'arche, rien n'est plus facile. On trace, fig. 2124, une ligne ac égale à la demi-ouverture, puis une ligne bc perpendiculaire égale à la flèche que l'on veut adopter ; c'est sur cette ligne que devra se

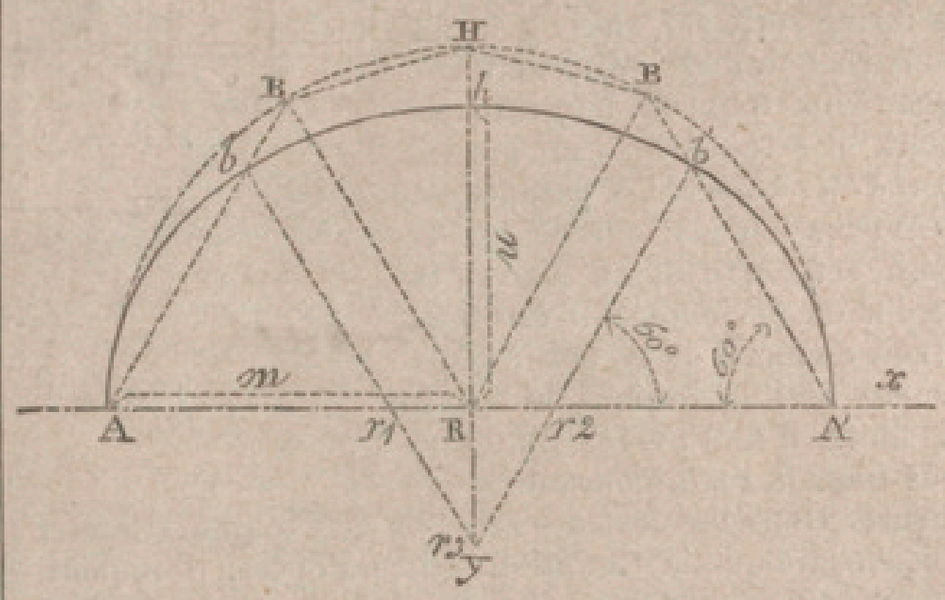


2124.

trouver le centre. Pour le rayon bo de la courbe, on remarque que les deux triangles abc, bdo sont semblables, et que l'on a, en comparant les côtés, le rapport $bo \times bc = (ab) \times \left(\frac{ab}{2}\right)$ ou $bo = \frac{(ab)^2}{2(bc)}$. Or, on connaît ab et bc, et l'on a la valeur bo en fonction de deux valeurs déterminées.

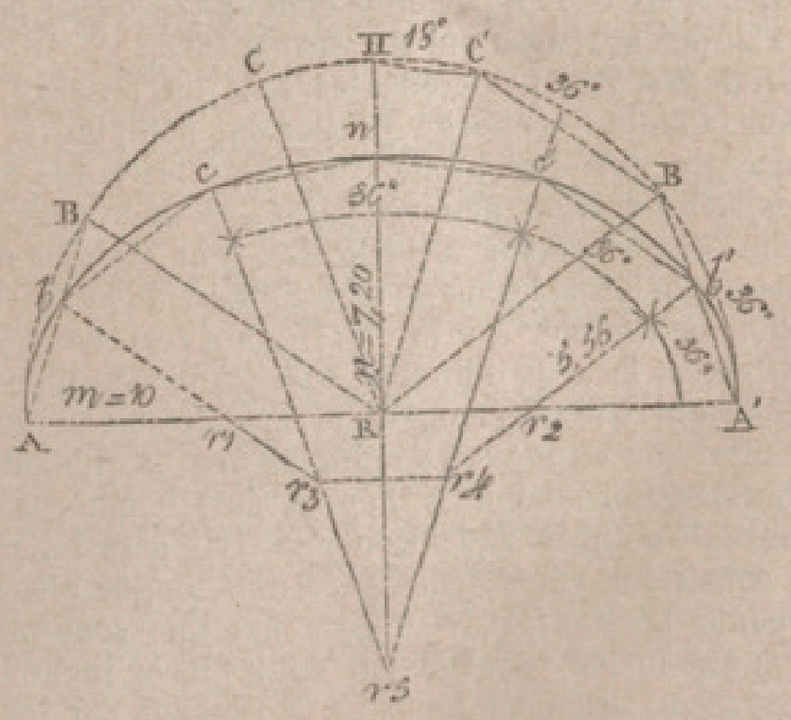
Le tracé de l'anse de panier présente plus de difficultés. En effet, cette courbe se compose d'une suite d'arcs de cercle qui se raccordent, et il est très important d'éviter les jarrets. Les courbes en anses de panier sont à 3, 5, 7, 9, 11, 13 et même 15 centres, suivant la flèche que l'on adopte. Lorsque la montée est plus grande que le 1/3 de l'ouverture, on peut se servir du tracé à 3 centres, quand elle est plus petite, il faut absolument avoir recours aux tracés à 5 ou 7 centres.

Pour le tracé à 3 centres (fig. 2125), on divise l'ouverture de l'arche en 2 parties égales AR, AR', on trace une demi-circonférence sur cette ligne, on y porte 3 divisions égales, on joint ces divisions par les rayons RB, RB' et l'on trace les cordes AB, BH, HB', BA', on prend sur la ligne RH une distance Rh égale à la montée de la courbe en anse de panier ; par le point h, on mène une parallèle à BH : cette ligne



2125.

rencontre la corde AB en un point b par b ; on mène une parallèle à BR qui coupe RH en un point r^3, qui



2126.

est un des centres ; les points de rencontre r^1, r^2, sont également des centres

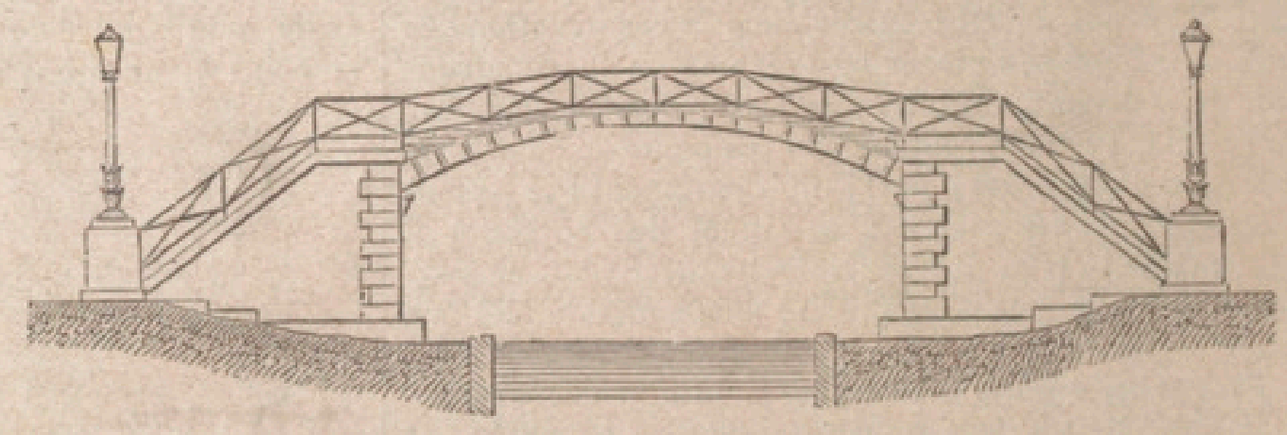
L'anse de panier à 5 centres, fig. 2126, qui est la

plus usitée après celle à 3 centres, se trace d'une manière analogue. On partage la demi-circonférence en 5 parties égales, on joint les différents points par les cordes AB, BC, CH, on mène les rayons à chacun de ces points; par le point *h*, on mène une parallèle à CH, on trace une parallèle au rayon CR, et on a un centre x^5; on en fait autant pour les autres ce qui donne les 5 centres qui servent à tracer les arcs de cercle dont se compose la courbe en anse de panier. Telles sont les diverses formes que l'on donne aux arches de pont. Il nous reste maintenant pour compléter ces généralités à parler des ouvrages accessoires, tels que tympans, corniches, etc...

Tympans, corniches. Les tympans dans les ponts forment la partie comprise entre la retombée des deux arches, immédiatement au-dessus des piles; ils sont, dans les ponts en pierre, quelquefois creusés circulairement de manière à permettre aux eaux de s'écouler dans les grandes crues; mais cette disposition n'est pas bonne, elle ajoute peu au débouché, ôte d'ailleurs de la solidité à l'ouvrage, et est du reste très rarement employée. Dans les ponts, soit en charpente, soit en métal, ils doivent être également en maçonnerie afin d'éviter que les vibrations ne se transmettent dans toute la longueur du pont; du reste nous reviendrons plus tard sur ce sujet. Les tympans sont couronnés supérieurement par un bandeau, ou une corniche, dont la forme varie suivant le goût du constructeur; cet ornement règne dans toute la longueur du pont, et sert de base au garde-corps ou parapet. Ce parapet est lui-même en maçonnerie, si le pont est construit en pierre, et en fer ou en fonte, s'il est construit en métal ou en bois; dans le cas où l'on emploie le fer ou la fonte, il faut avoir soin de ne pas fixer la main-courante à demeure. Dans les dés en pierre, on doit toujours laisser du jeu afin que la dilatation puisse s'opérer librement. Quant au tablier il varie suivant la nature du pont, aussi nous n'en parlerons pas quant à présent, nous nous bornerons à dire que l'accès en doit être facile, et que, par conséquent, la voie sur les culées doit être plus large que sur le pont. Après avoir décrit d'une manière générale les travaux nécessaires à la construction des ponts, il nous reste à parler de chaque espèce en particulier et des ouvrages qui s'y rattachent.

Passerelles. Les passerelles servent au passage des piétons. Comme la charge qu'elles ont à supporter est beaucoup moins considérable que dans les ponts ordinaires, elles doivent avoir le caractère de la légèreté. Quand l'ouverture sur laquelle elles sont établies n'est pas trop considérable, on se sert du bois, de la fonte ou de fer pour soutenir les arches; quand, au contraire, elle atteint la largeur d'un fleuve ou d'une vallée, on emploie presque exclusivement la suspension, soit au moyen de câbles, soit au moyen de chaînes, parce qu'alors on n'a plus besoin de points d'appui aussi nombreux et qu'on réalise une grande économie. Les passerelles en bois consistent généralement en une longue pièce de charpente horizontale, renforcée par une sous-pente, qui est elle-même soutenue par deux pièces inclinées à 45° environ, servant à reporter la pression sur les culées qui sont toujours en maçonnerie dans ce cas. Il est très important, en raison de la poussée qui s'exerce sur ces pièces, que les bois ne puissent se pénétrer ni se pourrir; on parvient à ce résultat en se servant de chapeaux en fonte qui ont pour effet également de relier la longuerine avec les jambes de force, il suffit même d'interposer une feuille de métal entre les deux pièces. Une autre précaution importante est la liaison parfaite des moises horizontales superposées, on y arrive en ménageant dans chacune d'elles des entailles disposées de telle sorte, que les redents de l'une viennent s'ajuster dans les vides de l'autre. Les garde-corps sont tantôt en fer, tantôt en charpente. Quand on emploie la charpente, on peut la faire servir à la solidité de l'ouvrage, en plaçant les pièces de telle sorte qu'elles viennent buter l'une contre l'autre et former arbalétrier. On soulage ainsi la pièce principale, et l'on peut éviter une partie des moyens de consolidation dont nous venons de parler.

Au lieu d'employer le bois à la construction des passerelles on peut se servir du fer ou de la fonte, quand ces matières premières ne sont pas à un haut prix, et que l'on cherche à donner de l'élégance à l'ouvrage; on adopte alors l'arc de cercle ou toute autre courbe qui flatte l'œil. L'établissement de ces arches rentre dans la construction des ponts ordinaires en métal. Nous nous bornerons à donner ici (fig. 2127) le dessin de la passerelle établie sur le canal Saint-Martin, près la Bastille, comme exemple très convenable. Quant aux passerelles à grande portée servant à franchir des cours d'eau considérables, elles rentrent dans la série des ponts suspendus, et nous renvoyons à cet article.



2127.

Ponceaux. Les ponceaux se construisent en charpente, en maçonnerie, et quelquefois en métal. Dans les ponceaux en charpente, le tablier qui supporte la route se compose de poutres transversales reposant sur des culées, et de madriers placés dans le sens perpendiculaire ayant une épaisseur suffisante pour soutenir les terres. Les culées sont en charpente ou en maçonnerie. Si on emploie la charpente on donne un débouché plus considérable que dans les cas ordinaires afin d'éviter les affouillements; il est aussi convenable de relier les pièces qui supportent la poussée des terres par des liernes fixées à d'autres pièces dans la culée; si c'est la maçonnerie on établit les pieds-droits en moellons avec chaînes en pierre de taille aux angles, et l'on fait passer le chemin sur un tablier en charpente. Dans quelques circonstances, au lieu de soutenir la route au moyen de pièces en bois, on peut se servir avec succès de poutres en fonte auxquelles on donne la forme de solides d'égale résistance. On n'a plus à craindre la pourriture engendrée par l'humidité et l'entretien coûteux qui en est la conséquence. On trouve quelques exemples de cette disposition sur le chemin de fer du Nord. Le plus souvent cependant les ponceaux s'exécutent entièrement en maçonnerie : ils se composent dans ce cas de deux culées ayant 1^m à 1^m,30 d'épaisseur suivant la nature du terrain; et d'une voûte en plein cintre ayant environ 0^m,40 à 0^m,50 à la clef; ils sont également avec ou sans radier. Quand on n'établit pas les fondations sur un radier général, on enfonce une rangée de palplanches sur chaque rive du cours d'eau, on drague derrière et l'on établit un lit de béton d'environ 0^m,80

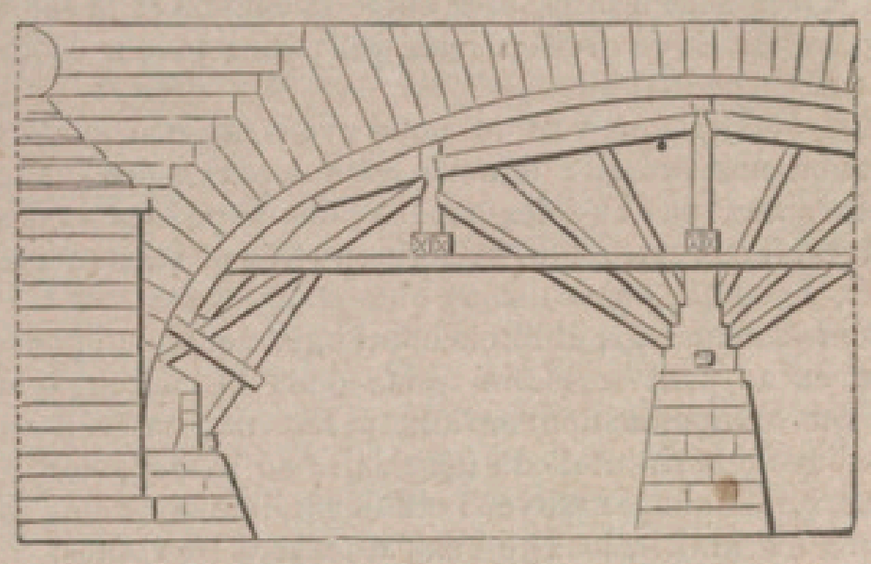
d'épaisseur ; sur ce lit on élève les pieds droits dont les parements vus sont en moellons piqués, tandis que le reste se fait en maçonnerie de remplissage. Il en est de même de la voûte qu'on recouvre avec soin par une chappe en ciment ou en bitume ; le parement des têtes se fait toujours en pierre de taille. Quand les ponceaux n'ont pas de radier général, c'est-à-dire dans le cas où les crues ne sont pas abondantes et où l'on n'a pas à craindre l'entraînement des terres, on les termine par des murs en retour d'équerre, faits en moellons piqués, et l'on donne aux talus de la route une forme circulaire. Quand, au contraire, on a établi un radier général, et qu'on a prévu que l'eau prendrait une très grande vitesse entre les piles, on les termine par des murs en aile, en pierre de taille, afin de protéger les berges contre la force du courant. Dans tous les cas ils sont couronnés par un bandeau et munis d'un garde-corps en pierre.

Ponts à grande portée. Les ponts à grande portée peuvent se diviser en trois classes : suivant les matériaux qui entrent dans leur construction, ce sont les ponts en pierre, les ponts en bois, et les ponts en métaux ; chacune de ces catégories se distingue par des dispositions particulières, mais celles-ci ne portent guère que sur les arches, les procédés d'établissement pour les piles et culées restant toujours les mêmes, en ne s'écartant pas des règles que nous avons tracées précédemment.

Ponts en pierre. Les arches des ponts en pierre peuvent avoir toutes les formes que nous avons décrites, la plus usitée est l'arc de cercle qui permet d'avoir des quais peu élevés, et n'offre pas l'inconvénient de ces fortes pentes que l'on rencontre dans presque tous les anciens ponts. Cependant, si cette courbe présente des avantages, sous le rapport de la circulation, elle a aussi des inconvénients : la poussée étant très considérable aux naissances on ne peut donner aux pieds-droits une épaisseur suffisante pour y résister, et on est obligé de compter sur la neutralisation de ces poussées pour construire les piles ; mais alors qu'une arche vienne à se rompre et la solidité du pont tout entier est compromise. Dans les voûtes en plein cintre cet inconvénient n'existe plus, toute la poussée se reporte sur les pieds-droits ; aussi, chaque fois qu'on le pourra cette forme d'arche devra-t-elle être préférée.

Quoi qu'il en soit une voûte quelconque se compose toujours d'un nombre impair de voussoirs dirigés normalement à la courbe d'intrados et séparés par des plans de joints. Ces voussoirs ont une épaisseur de $0^m,46$ à $0^m,50$, et $1^m,50$ à $1^m,80$ au plus de queue. Leur appareillage, dans les têtes, exige le plus grand soin, car c'est dans leur arrangement et dans leur raccordement avec les assises des tympans que consiste tout l'ornement du pont. Quand la flèche de l'arc varie de 1/7 à 1/8, ce raccordement se fait facilement, attendu que tous les plans de joints font à peu près le même angle avec la verticale ; c'est ce qui a lieu au pont d'Iéna : aussi ce pont, toutes choses égales d'ailleurs, est-il un des plus élégants qui aient été construits ; nous en avons donné précédemment le dessin (fig. 2122) en parlant des cintres. Mais lorsque la courbe est une anse de panier il n'en est plus de même, l'intersection des plans de joints avec les assises horizontales est irrégulière ; on a une sorte d'escalier dont les marches augmentent continuellement en largeur ; pour parer à ce défaut on allonge la queue des voussoirs à mesure qu'on s'élève, comme il a été fait au pont de Tours. Au pont de Neuilly on n'a pas eu cet inconvénient, l'arche est surhaussée dans les plans de tête et la surface de raccordement est une surface gauche (fig. 2128) ; on a appareillé alors comme un arc de cercle.

Quand malgré toutes les précautions on ne peut éviter quelques défauts d'appareil, on les dissimule en extradossant au moyen d'un arc de cercle dont le centre est un peu plus élevé que le centre réel ; et en dessinant les voussoirs, au moyen de bossages, comme au pont de Sèvres, ou bien en extradossant parallèlement comme au pont de Rouen.



2128.

Pose des voussoirs. Jusqu'ici nous nous sommes occupés de l'arrangement des voussoirs ; il faut parler aussi de leur pose, qui a lieu de la manière suivante : on mesure sur l'épure l'abscisse et l'ordonnée de chaque plan de joint ; au moyen des repères placés sur les piles et culées, on vérifie si chaque voussoir de tête est à sa place ; pour reconnaître s'il a aussi l'inclinaison voulue, on se sert d'un quart de cercle muni d'un fil à plomb, et on voit si l'angle formé est le même que celui de l'épure. Cette précaution n'est pas la seule qui soit nécessaire pour la pose convenable des voussoirs, il faut encore charger les cintres afin de leur faire éprouver tout leur tassement ; en outre, à mesure que l'on approche de la clef, il convient de vérifier l'espace qui reste à remplir par les voussoirs, car il pourrait arriver, comme dans certains ponts, qu'il n'y eût plus assez de place pour les placer tous, ce qui forcerait à les diminuer d'épaisseur.

Décintrement. Lorsque la voûte est fermée et que les mortiers sont convenablement durs, on décintre la voûte, non seulement avec tout le soin dont nous avons parlé, à propos des cintres, mais encore en prenant la précaution de dégarnir les joints vers l'intrados afin de prévenir les épauffrures ; on enlève aussi les couchis méthodiquement, de telle sorte que la poussée ne se produise pas instantanément. Lorsqu'une arche est décintrée elle éprouve toujours un tassement ; ainsi, au pont de Neuilly, il fut de $0^m,66$, au pont d'Iéna de $0^m,12$. Il est donc très important, dans le tracé de l'épure, de surhausser le cintre afin que la voûte, dans l'état réel, se trouve à peu près à sa véritable position au-dessus des naissances.

Maçonnerie des tympans, voûtes en décharge, chappe. Aussitôt que les arches ont pris leur tassement définitif, on commence la maçonnerie des tympans et des têtes. Afin que cette maçonnerie ne charge pas inutilement le pont on ne remplit pas ordinairement les reins, on se contente de construire des voûtes en décharge qui viennent reporter leur pression sur les joints de rupture, ces voûtes sont ensuite cachées par la maçonnerie des têtes ; leur extrados doit être tangent à celui de la voûte principale : lorsque cet ouvrage est terminé ainsi que les parements-vus, on s'occupe de la pose de la chappe ; elle se fait ordinairement en chaux hydraulique et on lui donne une épaisseur de $0^m,10$; on peut aussi avec avantage se servir de bitume, que l'on étend en deux couches différentes en ayant soin que les joints se croisent. Ces deux couches ensemble ont $0^m,22$ à $0^m,24$. Après l'achèvement de ce travail il ne reste plus qu'à poser les bandeaux ou corniches, les garde-corps, et à exécuter la chaussée pavée ; travaux qui ne présentent aucune difficulté. Si le pont a une longueur considérable on ménage des orifices pour faire écouler les

PONTS.

eaux ces orifices portent le nom de gargouilles, ils sont formés de tuyaux en fonte qui traversent toute l'épaisseur de la voûte et viennent déboucher vers les reins ; on y amène toutes les eaux ; afin d'atteindre ce but, il faut avoir soin d'interposer entre la chappe et le sable du pavé un lit de gros cailloux qui permette leur écoulement.

Pour compléter ce que nous avons à dire sur les ponts en maçonnerie, il nous reste à parler des ponts destinés aux passage des canaux, des aqueducs et des viaducs. Tous ces ouvrages diffèrent très peu des précédents, aussi nous n'en dirons que quelques mots.

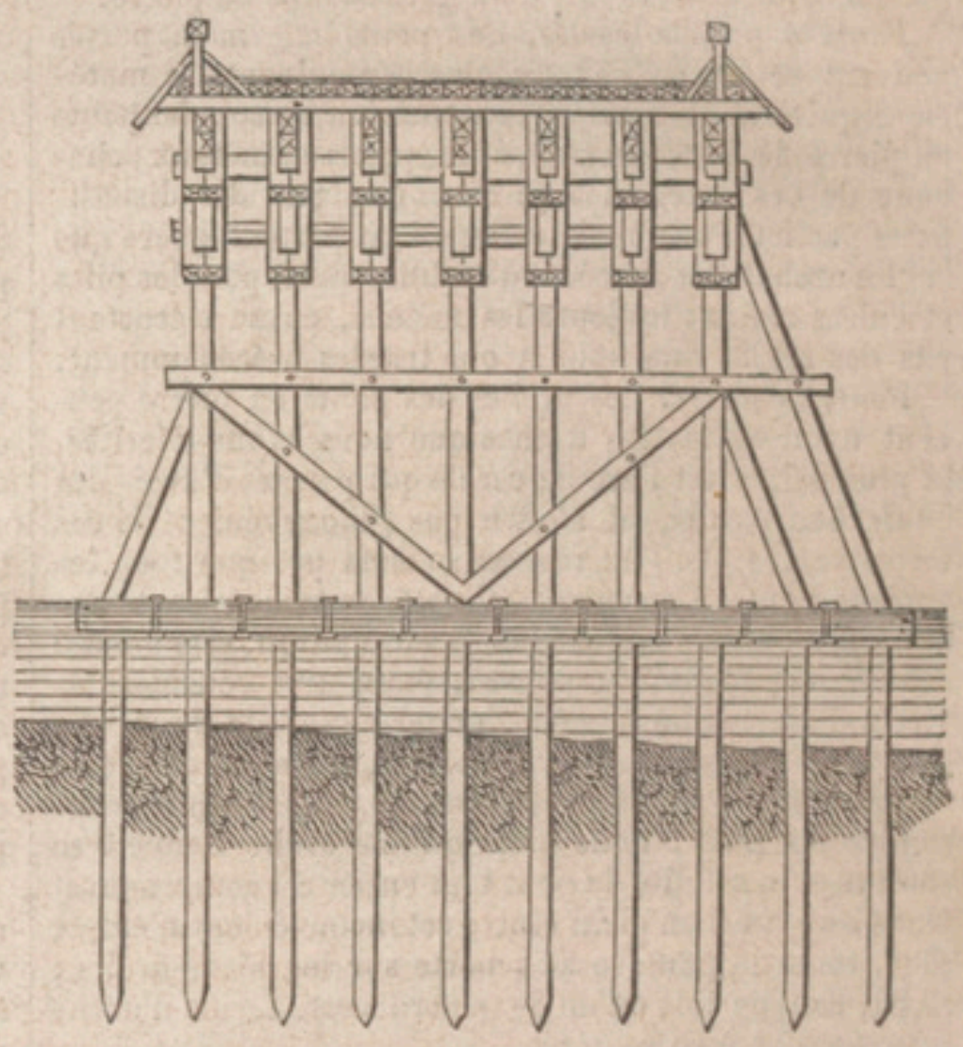
Ponts-canaux. La différence qui existe entre un pont-canal et un pont ordinaire réside dans la hauteur que l'on est obligé de donner aux parements extérieurs, afin d'avoir le tirant d'eau nécessaire au passage des bateaux, et dans les moyens qu'on emploie pour empêcher les infiltrations de l'eau à travers les voûtes. Ils sont de la plus haute importance pour le canal et pour la conservation du pont lui-même. Voici ceux qui sont les plus efficaces : On revêt les parois avec de la lave de Volvic tant sur les côtés que dans le fond, on applique dessus un enduit de bitume; cet enduit est mis en deux couches successives. On peut aussi employer une couche de béton de $0^m,25$ à $0^m,30$, mais ce moyen n'est pas aussi efficace que le premier. Au pont-canal sur l'Allier, on s'est servi de briques mises de champ et rejointoyées avec du bitume ; le résultat de cette disposition a été satisfaisant.

Ponts-aqueducs. Les ponts-aqueducs diffèrent peu des ponts-canaux. Leurs dimensions sont moins grandes en raison du volume d'eau qui est toujours moins considérable que dans un canal ; ils sont recouverts d'une voûte, afin de les mettre à l'abri de l'influence atmosphérique.

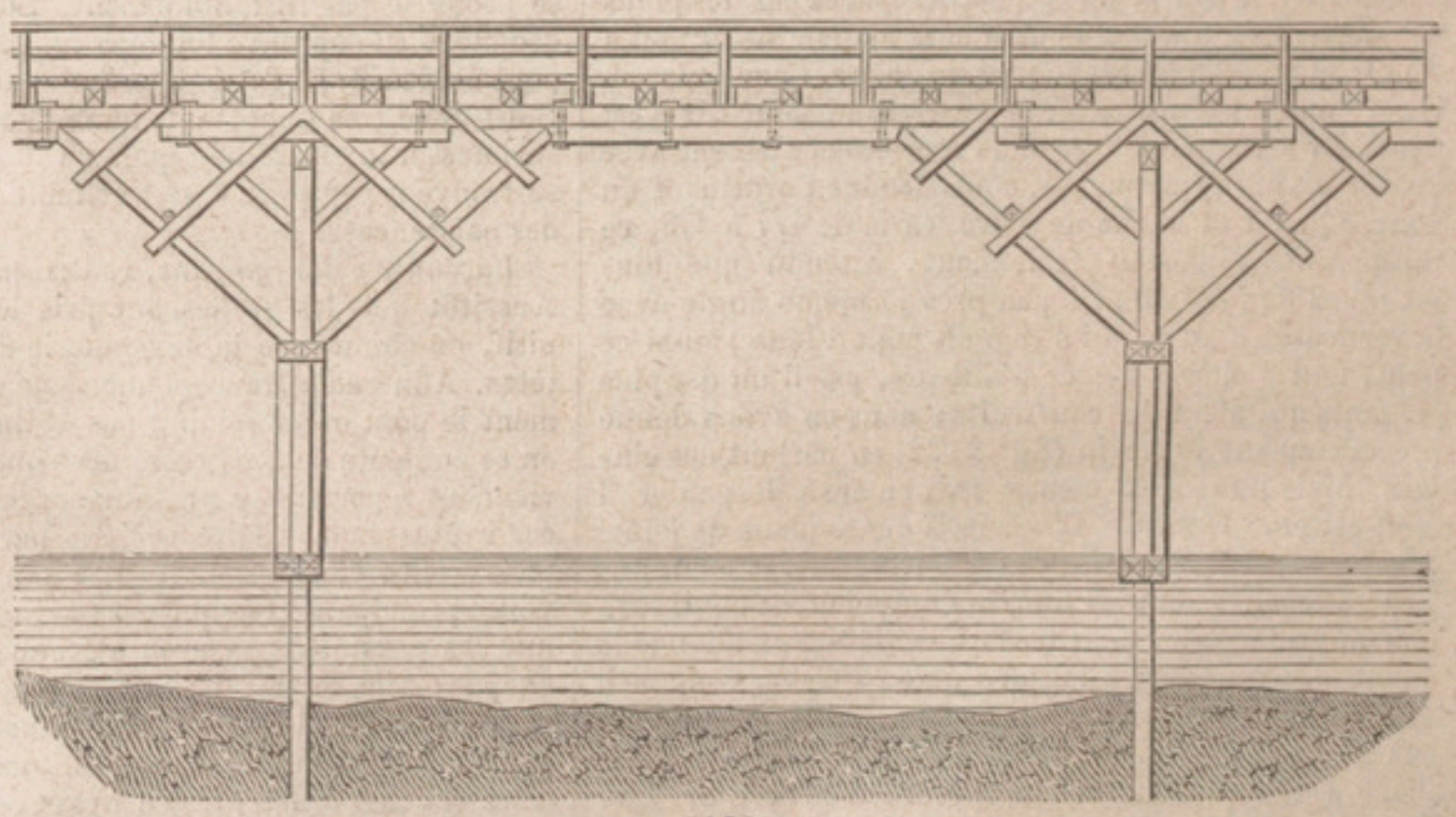
Ponts-viaducs. Quant aux ponts-viaducs, ils se rapprochent encore davantage des ponts ordinaires en maçonnerie ; ce qui les caractérise, c'est la voie ferrée qu'ils supportent, et la fondation de leurs piles qui a lieu très souvent dans le terrain ferme et sec des vallées.

Ponts en charpente. Les ponts de peu d'importance sur lesquels on prévoit que le passage sera peu actif peuvent être construits en charpente de préférence à la maçonnerie qui est toujours très coûteuse. Ils sont établis suivant deux systèmes différents, celui des travées et celui des arches.

Ponts à travées. Les travées se composent de pièces de charpente horizontales destinées à supporter le tablier du pont, et reposant sur des points d'appui également en charpente appelés palées. Ces palées sont plus ou moins nombreuses suivant la longueur des pièces qui forment la travée ; mais cette longueur ne peut jamais être bien grande, car, dans ce cas, il faudrait donner aux bois des dimensions considérables, ce qui serait coûteux. Les plus simples sont formées de pilotis reliés au-dessous du niveau de l'étiage par des moises, et à leur sommet par un chapeau ; c'est sur ce chapeau que l'on établit le tablier. Si la rivière a plus d'importance et que l'on craigne les crues d'eau et les glaces, on place en avant de la palée un brise-glace ou pièce oblique bardée de fer. Cette poutre est reliée au reste de la pile par des doubles moises horizontales et des jambes de forces inclinées dans le sens opposé à celui du brise-glace, afin de l'arcbouter. Nous donnons (fig. 2129) un exemple de palée avec brise-glace, et (fig. 2130) un fragment de pont à palée. Dans le cas où la rivière est profonde, on modifie un peu ces dispositions. Au niveau de l'étiage, on assemble avec les pilotis les pièces qui doivent supporter le tablier ; pour consolider l'assemblage, on y joint deux cours de moises horizontales superposées et boulonnées entre elles ; on peut aussi enfoncer deux rangs de pieux, les réunir au-dessous de l'étiage par des entretoises et élever dessus la palée comme à l'ordinaire.



2129.



2130.

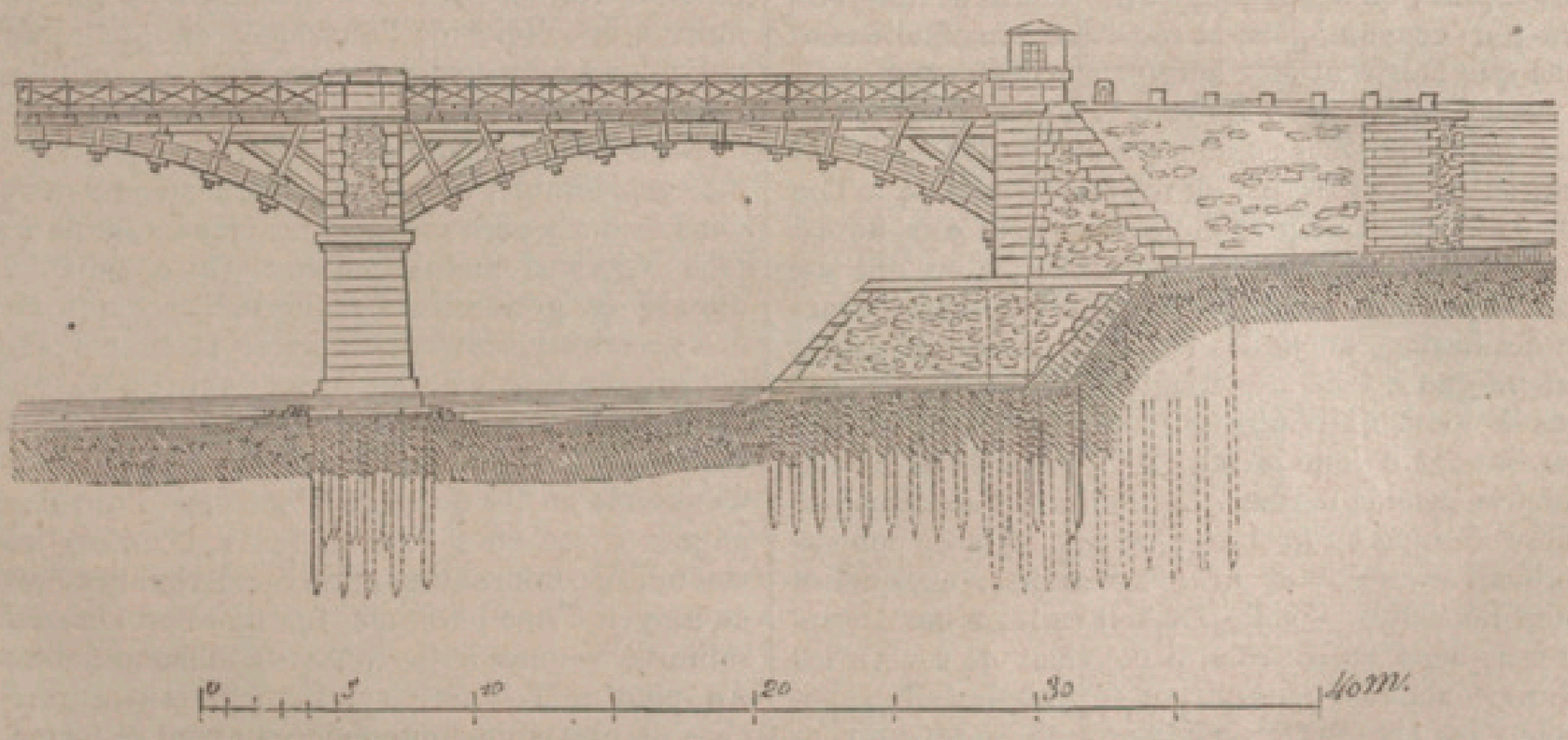
Quand la travée ne dépasse pas 5^m, on place immé-

diatement les poutres sur leurs points d'appui, si elle excède 5m et va jusqu'à 7m, on se sert de contre-fiches ou de consoles ; est-elle plus grande encore ? on fait usage de contre-fiches, de consoles et même de sous-poutres comme dans le dessin fig. 2130. Mais il faut avoir soin de relier parfaitement la poutre et la sous-poutre. Pour construire le tablier du pont, on place sur ces travées des pièces transversales. Ces poutres reçoivent les madriers qui doivent former le plancher. Dans les circonstances où le passage des voitures est considérable, le tablier en bois serait trop promptement usé ; on établit alors une couche de sable sur les madriers et un pavage ordinaire. Les garde-corps sont toujours en charpente. Tels sont les ponts à travées. Ce système, dans certains pays où le bois est à bas prix, a été poussé jusqu'à ses dernières limites. Ainsi on trouve à Schaffhouse, sur le Rhin, un pont de deux travées de 50m chacune ; sur la Kandel, près de Berne, il en existe un autre d'une portée de 50m,70. Enfin le plus surprenant de tous ces ouvrages est celui de Vettingen, sur la Limmat, qui n'a pas moins de 118m d'ouverture d'une seule portée. Il est formé d'énormes fermes reliées entre elles par des moises pendantes ; le tout est recouvert d'un toit indispensable pour mettre ces masses de charpente à l'abri de l'intempérie des saisons.

Ponts à l'américaine. En Amérique, où le bois est si abondant, on a imaginé, pour les chemins de fer, des ponts qui peuvent certainement rendre des services quand on veut éviter d'avoir un grand nombre de points d'appui. Les travées sont formées de pièces de charpente disposées en treillage et chevillées entre elles ; deux fortes fermes suffisent pour supporter le tablier sur lequel sont placés les rails. Cette disposition massive n'est pas applicable dans les villes où l'on tient au coup d'œil et à l'élégance ; aussi a-t elle été un peu modifiée. Les treillages ont été remplacés par une suite de croix de Saint-André reliées par des longuerines ; mais ces fermes ont le défaut de se déformer. Nous ne nous étendons pas sur ce sujet auquel un article spécial doit être consacré (voyez PONTS AMÉRICAINS).

Ponts en charpente en arc de cercle. Nous avons vu que les travées en charpente nécessitaient des points d'appui nombreux qui occasionnent de la gêne dans la navigation, on a paré à cet inconvénient en formant des arches en bois courbes qui ont une plus grande portée que celles des ponts ordinaires en charpente. Ces nouveaux ponts, dont le premier a été construit en France dans le département de l'Ain, ont pris une grande extension en Allemagne, puis ensuite en France, ils sont, en général, d'une assez bonne durée ; mais il ne faut pas porter la flèche de leurs arcs à moins de 1/8 de l'ouverture, comme il a été fait dans un grand nombre de ponts étrangers qui n'ont pas résisté. Parmi ceux qui ont été exécutés avec le plus de soin, nous citerons le pont d'Ivry (fig. 2131), sur la Seine, construit par M. Emmery, et dont nous allons donner une description sommaire. Les arches ont 22m,50 d'ouverture pour une flèche de 3m,48. Elles sont composées de pièces de bois courbes au nombre de trois, formant en tout une épaisseur de 0m,75 aux naissances et 0m,70 au sommet ; elles sont reliées, d'une part, au moyen d'étriers en fer boulonnés à la partie supérieure afin que l'on puisse serrer les écrous si le bois se dessèche, de l'autre par les moises pendantes qui n'ont pas seulement pour but d'opérer un serrage convenable mais qui servent à transmettre aux arcs le poids du tablier ; elles sont doubles afin d'embrasser les arcs et les pièces de pont. Au-dessus et au-dessous de leur assemblage avec l'arc, elles portent des entailles inclinées qui reçoivent les longuerines, reliant les fermes entre elles ; deux longuerines entourent chaque moise pendante et sont assemblées entre elles par un boulon que l'on serre à volonté ; lorsque l'on effectue le serrage, elles glissent sur les entailles obliques et viennent reporter tous leurs efforts sur les arbalétriers courbes. Les moises pendantes ne sont pas les seules pièces sur lesquelles repose le poids du tablier ; il y a aussi à chaque pile et à chaque culée des consoles munies de jambes de force et fortement fixées dans la maçonnerie au moyen de tirants en fer qui descendent profondément dans la pile. Le tablier se compose des pièces de pont ou poutres longitudinales supportées par le sommet de l'arc, les moises pendantes et les consoles ; de poutres transversales reposant sur les pièces de pont ; et de madriers qui reçoivent immédiatement le poids des voitures. Il est supporté par sept fermes reliées non seulement par des longuerines, mais aussi par des pièces obliques qui empêchent les vibrations ; au-dessous de madriers, on fixe une croix de Saint-André en fer, qui donne encore plus de liaison au système. Les balustrades sont en fer, afin d'obtenir plus de légèreté.

Le plancher sur lequel passent les voitures est, dans les ponts en charpente, une cause fréquente de réparations ; il doit donc attirer l'attention du constructeur. Si la circulation est peu active, les madriers de chêne sont

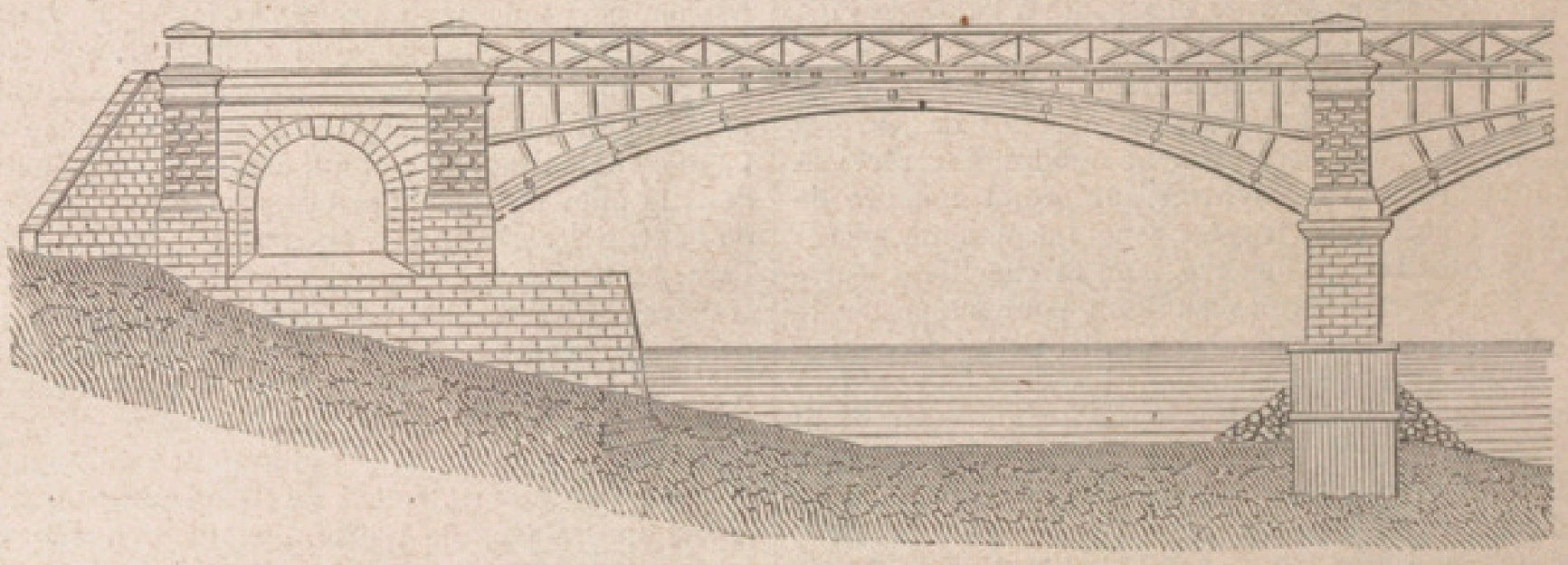


2131.

applicables ; mais quand elle devient importante, il est indispensable d'établir le sol soit en matériaux résistants, soit en pavés. Une disposition efficace consiste à revêtir les madriers de feuilles métalliques et d'exécuter dessus un empierrement.

Tous les ponts en charpente en arc de cercle n'ont pas été construits suivant la méthode que nous venons d'indiquer. Dans quelques-uns, comme à l'ancien pont

de Choisy-le-Roi, les piles, au lieu d'être entièrement en maçonnerie, ne sont construites ainsi que jusqu'aux naissances. Cette disposition est vicieuse, elle doit être évitée à cause des oscillations qui se transmettent d'un bout à l'autre du pont. D'autres fois, au pont d'Asnières, par exemple, construit par M. Navier, les moises pendantes, au lieu d'être normales aux arches, sont perpendiculaires au plan de la rivière. La pression qui s'exerce sur elles tend alors à les faire glisser sur les arcs en charpente et à détruire les assemblages. Dans le cas particulier des ponts de chemins de fer où les vibrations sont très fortes, il est certaines règles à observer. Les rails ne doivent pas être attachés immédiatement sur le pont, ce qui occasionnerait des ébranlements considérables ; ils doivent toujours être séparés du tablier par une forte couche de sable dont le double but est d'amortir les vibrations et d'éviter les incendies ; il est aussi très convenable de relier les moises pendantes par des croix de Saint-André qui donnent plus de liaison à l'ensemble de la charpente. Sur le chemin de fer de Rouen, dans les différents ponts, entre autres à Oissel (fig. 2132), au



2132.

lieu de former les arches d'arbalétriers courbes qui sont difficiles à plier, on a fait usage avec succès de madriers qui sont plus économiques, et reçoivent plus facilement la forme que l'on veut leur faire prendre. Pour en composer un tout solide, on les relie à l'aide d'étriers en fer et de fortes chevilles en bois qui ont toute l'épaisseur de l'arc, et qui sont serrées au moyen de coins que l'on enfonce dans leur tête perpendiculairement aux fibres. Les moises horizontales sont supprimées, elles ont été remplacées par des entretoises qui maintiennent l'écartement des fermes, et par des tirants en fer qui résistent bien mieux que le bois à la traction. Ces tirants, munis d'écrous à leurs extrémités, viennent aboutir à des sabots en fonte dont le but est de répartir la tension sur une plus grande surface. Le tablier est soutenu par une pièce oblique en décharge, et une série de poutres s'assemblant avec elle et avec les arches, auxquelles elles sont normales. Quelle que soit celle de ces dispositions à laquelle on s'arrête, il convient de revêtir les bois d'une couche de peinture, et surtout de faire reposer l'about des arcs sur des coussinets en fonte, qui permettent à l'air de circuler et évitent le séjour de l'eau. Cette partie supportant toute la poussée du pont, il est de la plus haute importance qu'elle ne se pourrisse pas. Entre chaque madrier, on a le soin d'interposer des feuilles de carton goudronné.

Ponts en métal. Les ponts que nous avons examinés jusqu'ici présentent divers inconvénients. Ainsi ceux en maçonnerie étant extrêmement pesants, exigent des fondations très massives et des arches d'une ouverture assez restreinte ; en outre, ils coûtent fort cher. Ceux en charpente, tout en exigeant moins de dépenses lors de l'établissement, nécessitent un entretien coûteux, qui est égal à environ un dixième du prix de construction ; en sorte qu'on est forcé au bout de peu d'années de les reconstruire entièrement. C'est par ces motifs qu'on a substitué à la pierre et au bois, la fonte, qui permet de donner plus de légèreté, plus d'ouverture aux arches, et qui exige moins d'entretien.

Les ponts en fonte peuvent être formés d'arcs rigides ou de voussoirs. Lorsqu'on a une faible ouverture à franchir entre les piles, on fait choix généralement d'arcs rigides, composés de deux portions d'arc de cercle qui s'assemblent au sommet de la voûte au moyen de boulons et de plaques additionnelles, et reposent sur la maçonnerie au moyen de patins ou supports pour les retombées. Ces arcs principaux reçoivent quelquefois des arcs en décharge qui soutiennent le tablier du pont ; c'est la disposition adoptée au pont des Arts. Il est très important, dans ce système d'arcs rigides, que les assemblages ne se fassent qu'au sommet, car s'il y avait plus de deux pièces, les points de jonction formeraient des articulations qui pourraient nuire à la solidité de l'ouvrage ; on tâche, autant que possible, de former des triangles qui sont des figures invariables.

Dans les circonstances où la largeur entre les piles est considérable, on a recours à des voussoirs en fonte, dans lesquels on a ménagé des vides, afin de les rendre plus légers et moins coûteux. On a soin d'éviter de donner de grandes dimensions, parce que le coulage des grandes pièces est difficile. Il faut aussi choisir, autant que possible, des formes simples qui demandent peu de frais de modèle. Les voussoirs s'assemblent entre eux, comme au pont d'Austerlitz, au moyen d'équerres en fer que l'on place dans des rainures ménagées à cet effet dans la fonte. D'autres fois on les assemble, comme au pont de Sunderland en Angleterre, au moyen d'une barre en fer que l'on chasse dans des rainures venues à la fonte de chacun des voussoirs. Au pont de Tewkesbury, M. Telfort a formé les arches de pièces de fonte évidées ayant la forme d'arcs : elles ont environ 6^{m},70 de longueur sur 1^{m} de hauteur. Ces arcs sont boulonnés entre eux et réunis par des croix de Saint-André également en fonte qui supportent le tablier. De tous les ponts en fonte construits jusqu'à ce jour, celui qui réunit à un plus haut point l'élégance et la solidité est sans contredit le pont du Carrousel, contruit par M. Polonceau. Les arches sont formées de demi-tuyaux portant des brides en dessus et en dessous et boulonnées. Des clavettes en acier ser-

PONTS.

vent à assurer la juxta-position des segments, à bander les arcs et à les dresser. Quant au vide intérieur du tuyau, il est rempli par du bois de sapin préparé de manière à prendre sa forme. Les tympans sont remplis par des cercles en fonte dont le diamètre va en décroissant, depuis la pile jusqu'au sommet. Sur ces cercles sont posés les longerons qui soutiennent le tablier du pont. Les fermes sont consolidées au moyen de tirants en fer et de tuyaux en fonte qui en maintiennent l'écartement. Elles sont contreventées par des pièces en fonte ayant la forme de bielles et placées obliquement, de façon à ce qu'elles viennent buter les unes contre les autres. La chaussée en empierrement est supportée par un plancher qui ne diffère pas de ceux en charpente dont nous avons parlé. Nous donnons (fig. 2133) le pont sur le Lary en Angleterre. Voir, à l'article SERRURERIE, une étude complète sur ce genre de constructions.

verticaux, espacés de 3m,57 l'un de l'autre, et de grandes croix de Saint-André, une par chaque intervalle de montants. Les deux poutres sont reliées entre elles, au droit de chaque montant, par une pièce de pont inférieure et par une entretoise supérieure, qui, rattachées aux longerons et aux montants par des cornières et des coussinets, constituent, avec les montants, de 3m,57 en 3m,57, des cadres rectangulaires transversaux d'une grande rigidité. Le contreventement est complété, à la partie inférieure, par toutes les pièces du tablier, sur lequel sont établies les voies de fer, et, à la partie supérieure, par des bandes de fer plat, l'une parallèle aux plans des poutres maintenant l'écartement des milieux des entretoises supérieures, les autres se croisant suivant des diagonales, de manière à rattacher les angles supérieurs des cadres de deux en deux. La section des montants et des croix de Saint-André est un double T ayant, entre les

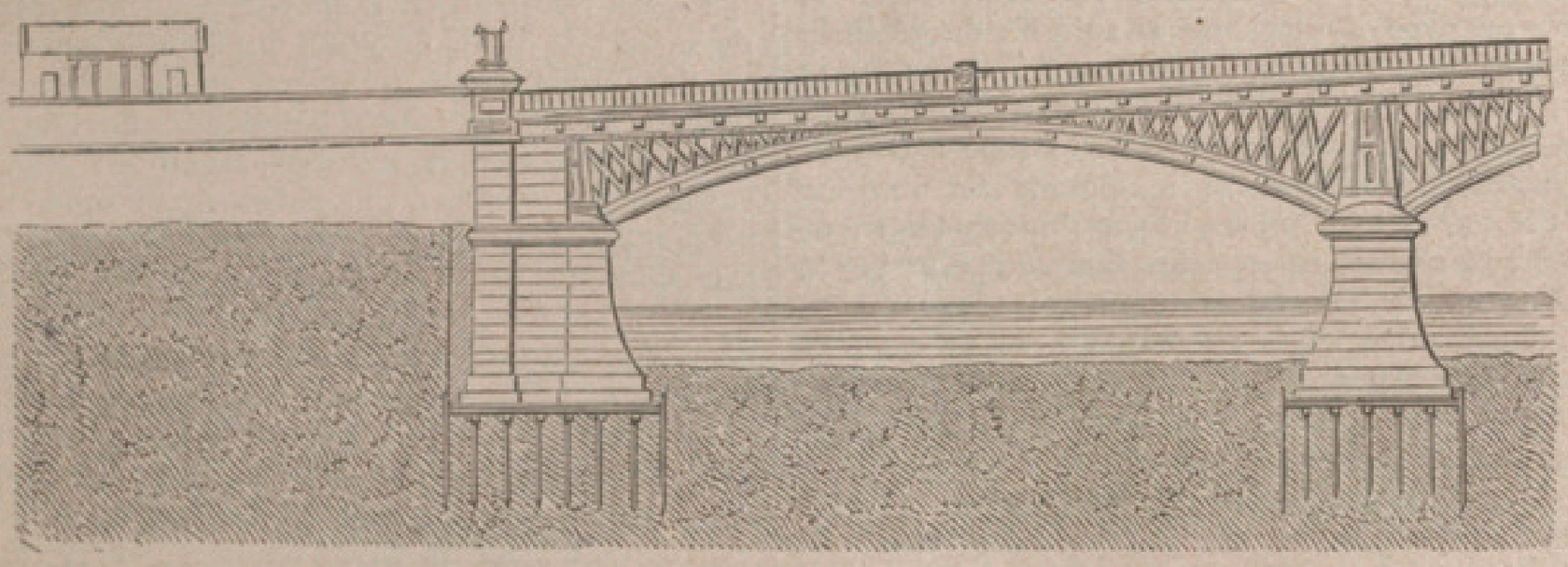


Fig 2133.

PONT DE BORDEAUX. Pour faire apprécier les progrès faits, dans ces dernières années, dans l'art de la construction des ponts, nous donnerons ici quelques détails sur la construction du pont de Bordeaux, qui avec le pont du Rhin (voy. *Complément*, FONDATIONS TUBULAIRES), est peut-être l'application la mieux réussie des procédés perfectionnés de construction des ponts, au moyen de l'emploi de l'air comprimé pour exécuter des fondations dans des conditions d'une solidité absolue qu'on ne pouvait être certain d'obtenir par les anciens procédés.

Ce pont (dit M. Bommard dans son excellent rapport sur l'Exposition de 1862, auquel nous empruntons les renseignements précis qui suivent), exécuté par les ingénieurs de la Compagnie des chemins de fer du Midi pour la jonction des réseaux d'Orléans et du Midi, a une longueur de 500 mètres entre les culées. Il est suivi d'un viaduc à travées métalliques de 135 mètres de longueur, établi au-dessus des cales et des quais du port de Bordeaux. L'ouverture de 500 mètres est divisée en sept travées : cinq travées centrales, ayant chacune 77m,50, d'axe en axe des piles, et deux travées de rive, chacune de 56m,25. Les culées sont en maçonnerie, et fondées, celle de la rive gauche, sur caisson foncé échoué sur des pieux battus au refus; celle de la rive droite, sur pieux et grillages. Chaque pile est constituée par deux tubes en fonte, de 3m,60 de diamètre, espacés de 8 mètres d'axe en axe, et remplis de béton.

La superstructure du pont est en tôle. Elle se compose principalement de deux poutres ou fermes, correspondant chacune à la file des tubes d'amont ou d'aval. Chaque poutre a 6m,35 de hauteur et comprend : deux cours de longerons horizontaux, l'un inférieur, l'autre supérieur; une série de montants

branches, un écartement de 0m,56; les branches du double T sont placées dans les plans verticaux des faces de chaque poutre. Les cours de longerons sont constitués, haut et bas, par des moises doubles formées de feuilles de tôle de 85 millimètres de largeur et de 0m,012 d'épaisseur, embrassant et fixant les abouts des montants et des croix de Saint-André, et respectivement attachées elles-mêmes par des doubles cornières aux tables supérieures et inférieures de la poutre. Ainsi composée, chaque poutre constitue, dans son ensemble, une sorte de coffre de 0m,56 d'épaisseur, de 6m,35 de hauteur et de 500 mètres de longueur, largement ouvert par une série de grands évidements à encadrements réguliers; et la superstructure entière, une galerie de section rectangulaire, de 5 mètres de hauteur au minimum et de 7m,60 de largeur libre, offrant, dans son plafond comme sur ses côtés, de larges passages à la lumière et à l'air. Cette charpente métallique repose, au moyen de glissières, sur les culées et sur les quatre piles les plus rapprochées des rives, et, sans interposition de glissières, sur les deux piles centrales.

Pour l'établissement des appuis intermédiaires, il fallait, d'une part, modifier le moins possible l'état du régime du fleuve, et, d'autre part, aller chercher une assiette solide à 2 mètres au moins de profondeur dans la couche de gravier résistant qui se trouve au-dessous du sable vaseux, c'est-à-dire descendre la fondation de plusieurs piles jusqu'à 18 mètres au-dessous du niveau des basses mers et 24 mètres au-dessous du niveau des plus hautes mers. Dans de telles conditions, il y avait lieu de prendre, comme on l'a fait, pour appuis intermédiaires, des colonnes tubulaires d'un fort diamètre, réduites au plus petit nombre possible.

Chaque pile a été constituée par deux colonnes tubulaires de 3m,60 de diamètre, composées d'anneaux de 1m,05 de hauteur et de 0m,04 d'épaisseur, superposés et boulonnés de l'un à l'autre. De leur base d'établissement à leur sommet arasé à 8 mètres au-dessus du niveau des basses eaux, la hauteur des colonnes s'est trouvée être, au minimum, de 20 mètres, et, au maximum, de 26 mètres.

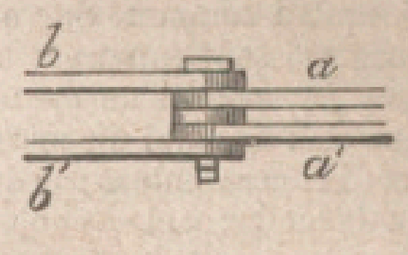
Ces colonnes tubulaires ont été mises à profondeur par un déblai à sec à l'intérieur des tubes au moyen de l'air comprimé refoulant l'eau, suivant le procédé Triger. Cette méthode, antérieurement employée dans la fondation d'un certain nombre de ponts, a reçu, dans son mode d'emploi au pont de Bordeaux, des modifications qui constituent des perfectionnements notables.

Le sas à air a été formé dans le tube même, au moyen de deux plates-formes en tôle, boulonnées sur des nervures intérieures du tube, et munies de portes établissant à volonté la communication avec l'intérieur du tube ou avec l'extérieur. Il suffisait de déplacer ces plates-formes pour remonter le sas à air au fur et à mesure de l'enfoncement du tube. Le contre-poids ne reposait point directement sur le tube : il était porté par l'échafaudage, et n'agissait sur un joug coiffant le sommet du tube que par l'intermédiaire de presses hydrauliques interposées. Loin d'opérer par le procédé *de la rentrée des terres*, on prenait tous les soins pour qu'aucun des effets inhérents à ce procédé ne pût se produire; par intervalles, on laissait diminuer graduellement et avec lenteur la compression de l'air dans le tube, de façon à ne déterminer aucune rentrée subite de l'eau; puis, quand la pression se trouvait suffisamment réduite, on exerçait par les presses tout l'effort que permettait l'importance du contre-poids, de manière à produire en une seule fois le plus grand enfoncement possible. Après quoi, on installait à nouveau les appareils accessoires et les tringles d'accrochage, on chassait l'eau et l'on recommençait le déblai.

Deux autres modifications, qui ne sont pas sans importance au point de vue de l'économie et de la rapidité d'exécution, ont été introduites à Bordeaux dans le mode d'extraction des déblais. Le montage des déblais dans la chambre d'équilibre s'y opérait par moteur mécanique, au moyen d'un arbre de couche introduit dans cette chambre, à travers des boîtes à étoupes, et mis en mouvement par une machine à vapeur locomobile fonctionnant extérieurement. Quand la chambre d'équilibre se trouvait suffisamment remplie par les bennes dans lesquelles se montaient les déblais, on fermait la porte de cette chambre communiquant avec l'intérieur du tube, on mettait l'air de la chambre en équilibre avec l'air extérieur, on ouvrait une porte ménagée latéralement dans la paroi d'un des anneaux du tube, et, par cette porte, au moyen d'un couloir en tôle, on versait directement les déblais dans les barques qui devaient les emporter. Cette belle construction a évidemment un degré de solidité bien supérieur à celle qu'eussent pu procurer les anciens procédés.

PONTS SUSPENDUS. Les ponts suspendus se composent de câbles ou chaînes en fer tendues d'une rive à l'autre, supportant, au moyen de tiges de suspension, un tablier qui donne passage aux piétons et aux voitures. Ces sortes de ponts ne datent guère que des premières années de ce siècle, et cependant il y en a un grand nombre tant en France que dans les autres contrées de l'Europe; c'est qu'en effet les avantages qu'ils présentent, sous le rapport de l'économie et de la facilité d'établissement, sont incontestables.

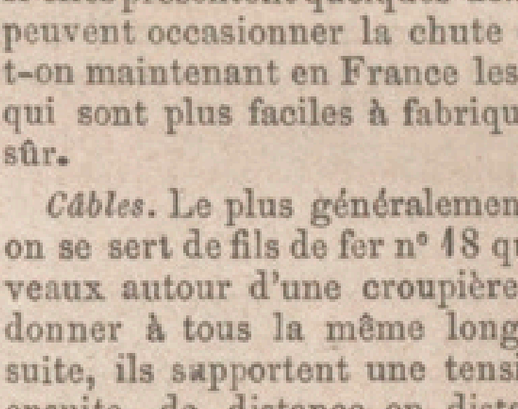
Chaînes. Les chaînes sont plus usitées en Angleterre qu'en France : elles sont formées de barres de fer forgé, reliées entre elles par des boulons. Si l'on n'a qu'une seule barre à assembler avec une autre, on unit les deux maillons au moyen de plates-bandes et de goujons. Si l'on a quatre maillons, l'on rapproche l'un de l'autre les maillons intérieurs a, a' (fig. 2134), en les séparant toutefois par une tige de suspension, et l'on place les deux autres maillons b, b', extérieurement, de part et d'autre des deux premiers; le tout est relié par un boulon. Le forgeage de ces pièces exige une grande surveillance; car si elles présentent quelques défauts, elles se rompent et peuvent occasionner la chute du pont; aussi préfère-t-on maintenant en France les câbles en fils de fer, qui sont plus faciles à fabriquer et d'un emploi plus sûr.



2134.

Câbles. Le plus généralement, pour former un câble, on se sert de fils de fer n° 18 que l'on enroule en écheveaux autour d'une croupière, en ayant soin de leur donner à tous la même longueur, afin que, par la suite, ils supportent une tension égale; on les relie ensuite, de distance en distance, au moyen de fils recuits que l'on tourne autour d'eux et qui portent le nom de ligatures.

Une question des plus importantes dans ces sortes de ponts, c'est de donner aux câbles une section suffisante pour qu'ils supportent, sans chance de rupture, le poids du tablier ou des fardeaux accidentels qui peuvent se présenter. Voici quelques-uns des calculs qui y conduisent. Et d'abord il s'agit de connaître la courbe qu'affecte un câble tendu d'une rive à l'autre. On peut le considérer comme formant un système funiculaire (fig. 2135) s'articulant aux points M_0 M_1 M_2 : si nous considérons le point M_0, nous remarquerons qu'en ce point nous avons trois forces : une tension horizontale Q, un poids P_0 et une tension T_1 du côté M_0 M_1. Or, il faut que leurs composantes se détruisent pour que le système soit en équilibre : appelons x_0, x_1, x_2, les abscisses; y_0, y_1, y_2, les ordonnées; p, le poids par mètre du tablier. On a pour la composante verti-



2135.

cale $P_0 = p\,x_0 + \frac{x_1 - x_0}{2} = \frac{p}{2}(x_0 + x_1)$; égalant les composantes horizontales, nous aurons $Q = T_1 \cos.\,\alpha = T_1 \frac{(x_1 - x_0)}{M_0\,M_1}$; égalant les composantes verticales, on a $\frac{p}{2}(x_1 + x_0) = T_1 \sin.\,\alpha = \frac{T_1\,y_1}{M_0\,M_1}$; divisant ces deux équations l'une par l'autre et réduisant au même dénominateur, nous aurons $y_1 = \frac{p}{2Q}(x_1^2 - x_0^2)$. Pour un point quelconque, on aurait $y = \frac{p}{2Q}(x^2 - x_0^2)$, équation d'une parabole. Si on fait $x_0 = o$, le côté M_0 M_1 aboutit au sommet, et l'équation de la courbe formée par le câble devient $y = \frac{p}{2Q}x^2$ (A). Il s'agit maintenant de voir comment on applique cette formule. Dans la pratique, on connaît l'ouverture d du pont et où se donne la flèche f, la formule (A) devient alors $f = \frac{p}{2Q}\frac{d^2}{4}$ (B). Ti-

rant la valeur $Q = \frac{p\,d^2}{8\,f}$ et substituant cette valeur dans (A), on a $y = \frac{4\,f}{d^2}\,x^2$. Cette formule servira à tracer exactement la courbe en donnant différentes valeurs à x et prenant celles de y correspondantes ; c'est encore à l'aide de cette formule que l'on peut déterminer la longueur des tiges de suspension. Pour connaître la tension exercée sur les câbles et en déduire la section convenable, cherchons la tension du dernier côté, en supposant qu'il soit assez petit pour se confondre avec la tangente à la parabole, nous aurons, T étant la tension horizontale :

$$Q = \frac{T\,\frac{d}{2}}{\sqrt{\frac{d^2}{4} + 4\,f^2}}$$

ou remplaçant Q par sa valeur trouvée tout à l'heure, et résolvant par rapport à T,

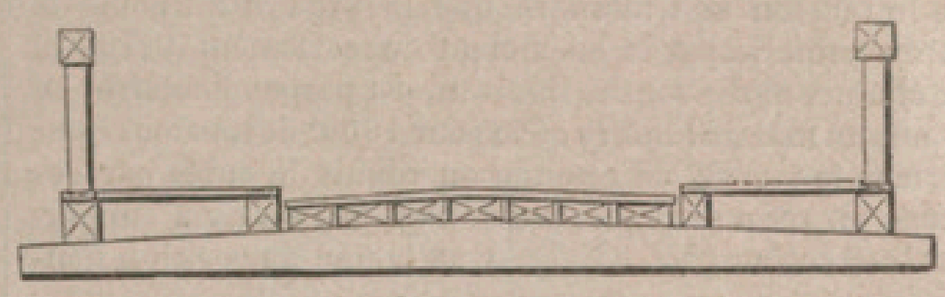
$$T = \frac{p\,d}{4\,f}\sqrt{\frac{d^2}{4} + 4\,f^2}\ (C).$$

Or, on sait qu'en moyenne la limite de résistance du fil de fer est de 60 à 80^k par millimètre carré de section, et de 45 à 50^k pour le fer en barres. On a reconnu en outre, par des expériences, que quand une tige en fer était soumise à une tension comprise entre le 1/8 et le 1/4 de la force absolue, elle s'allongeait progressivement jusqu'à ce qu'elle se rompît ; il ne faudra donc faire porter au fil de fer que 18^k, et pour le fer en barres, que 12^k par millimètre carré. Dans la formule (C), il faut compter, avec le poids du tablier, la surcharge d'épreuve qui est de 200^k par mètre carré. Il est également important de connaître la longueur de la chaîne, ainsi que celle des tiges de suspension ; elle est donnée pour la chaîne en appelant S cette longueur par la formule $S = d\left(1 + \frac{8}{3}\,\frac{f^2}{d^2}\right)$. Quant à celle au moyen de laquelle on calcule la longueur des tiges, deux cas se présentent. Si on a une tige au sommet de la courbe, on se servira de la formule $\frac{4\,f}{6}\,\frac{l^2}{d^2}\,n(n+1)\,(2\,n+1)$, dans laquelle n est le nombre de tiges pour la moitié du pont. S'il ne se trouve pas de tige au sommet, la somme des longueurs sera $\frac{4\,f}{6}\,\frac{l^2}{d^2}\,(2\,n-1)\,(2\,n-2)\,(2\,n+1)$.

Tiges. Les tiges qui soutiennent le tablier sont tantôt en fer forgé, tantôt en fil de fer. Quand la courbe est formée d'une chaîne, les tiges sont en fer ; elles sont reliées aux pièces transversales ou pièces de pont, qu'elles traversent de part en part au moyen d'un écrou ; on peut aussi faire usage d'un étrier en fer, et, dans le cas où la pièce de pont est formée de deux parties, on fait passer la tige entre les deux, et l'on se sert d'un sabot ou d'un étrier. Dans le cas où le tablier est supporté par des câbles, on se sert de tiges forgées ou de fils de fer assemblé comme les câbles. Ils transmettent le poids du tablier par des coussinets en fonte, et soutiennent les pièces de pont par des espèces de colliers qui ne sont autre chose que le prolongement de la tige elle-même ; quelquefois cependant ces colliers sont en fer. L'emploi des câbles et tiges en fil de fer oblige à prendre certaines précautions pour empêcher l'oxydation ; elles consistent dans l'immersion des fils dans l'huile de lin avant leur fabrication, et dans l'application de plusieurs couches après la pose.

Tablier. Le tablier dans les ponts suspendus, consiste en poutres transversales ou pièces de pont soutenues aux deux bouts par les tiges de suspension et espacées

entre elles de 1^m,25 à 1^m,50. Elles sont reliées par les longuerines formant le trottoir (fig. 2136) et fort

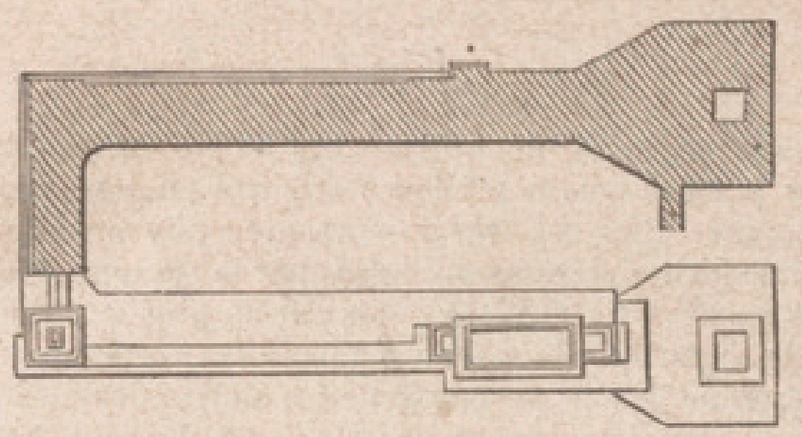


2136.

souvent même par un autre cours de pièces longitudinales placées sous le tablier. Cette liaison des pièces de pont entre elles est très importante ; elle a pour but d'éviter les ondulations produites par le passage des voitures en répartissant leur poids sur un plus grand nombre de tiges. Le plancher est formé de forts madriers placés dans le sens perpendiculaire à celui des pièces de pont, et espacés entre eux de 0^m,05 à 0^m,08. Une précaution utile à prendre, consiste à employer des étriers en fer qui servent à assembler la longuerine avec la pièce de pont, et donnent plus de rigidité au système. Après les longuerines viennent, dans le sens transversal, les planches qui devront former le sol sur lequel circulent les voitures. Le trottoir s'établit avec des madriers placés sur les longuerines dont nous avons parlé en premier lieu qui l'exhaussent au-dessus de la chaussée ; il est bordé par un garde-corps que l'on utilise en l'employant à la consolidation du pont. Pour cela on donne aux pièces qui le composent la forme de croix de Saint-André venant buter les unes contre les autres ; elles s'assemblent à leur sommet dans une pièce longitudinale qui sert de main courante, et à leur base dans la longuerine qui supporte le trottoir. La main courante est en outre reliée de distance en distance par un tirant en fer, qui l'unit davantage avec les croix de Saint-André et forme de cet ensemble un tout solide. Quelquefois les croix de Saint-André, au lieu de s'assembler dans le bois lui-même, viennent s'encastrer aux abords dans des sabots en fonte auxquels sont attachés les tirants en fer ; dans ce cas il faut avoir soin de bien calfater le sabot inférieur, afin que l'eau ne puisse y séjourner, et pourrir le bois. En général on doit éviter les garde-corps en fer, surtout pour les ponts dont le passage est actif. Le fer n'a pas assez d'élasticité pour résister aux ondulations ; il se déforme quand il ne se rompt pas. Pour que le tablier du pont ne se soulève pas aux abords des piles et culées, on a la précaution de soutenir les longuerines au moyen de corbeaux ou sous-poutres que l'on relie, d'une part à la charpente avec des étriers en fer, et de l'autre à la maçonnerie par un fort encastrement et des tirants en fer, profondément engagés.

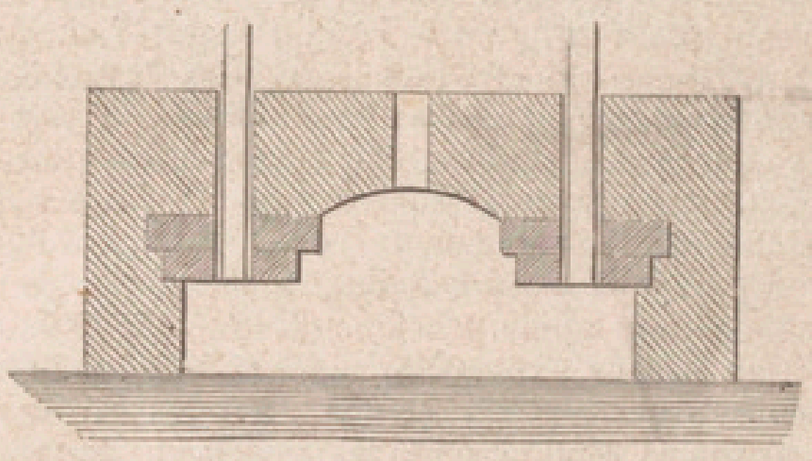
Culées. Les ponts suspendus, comme les autres ponts, exigent la construction de piles et de culées, mais leur disposition présente des différences importantes. En effet les culées ne supportent plus, comme à l'ordinaire une pression, elles ont au contraire à résister à une traction qui doit être contrebalancée par leur poids. Les piles également, en raison de la hauteur des points d'appui qu'elles doivent fournir, ont des dispositions particulières. Le plus souvent, les câbles ou chaînes de suspension, passent sur des piliers ou sur des bielles élevées sur les culées, et s'infléchissent en faisant un angle égal à celui de la tangente à la courbe : ils prennent alors le nom de câbles ou chaînes de retenue. Arrivés au sol ils s'infléchissent de nouveau, s'introduisent dans le massif au moyen d'ouvertures appelées cheminées et y sont fixés définitivement dans les puits ou chambres souterraines, dans lesquels sont

établis les systèmes d'amarrage. Ces massifs doivent être calculés de façon que l'effort qui tend a soulever soit moindre que la composante de son poids dans la direction de cet effort, et que la composante horizontale de la tension soit moindre que le produit du poids de la maçonnerie par le coefficient de frottement 0,76. Si la chaîne, après son inclinaison, est perpendiculaire, on donne au massif 1 mètre cube pour 1000ᵏ de tension. Pour former le massif de retenue on réunit la culée par des murs en retour d'équerre que l'on fait servir à supporter la traction (fig. 2137). Une bonne disposition con-



2137.

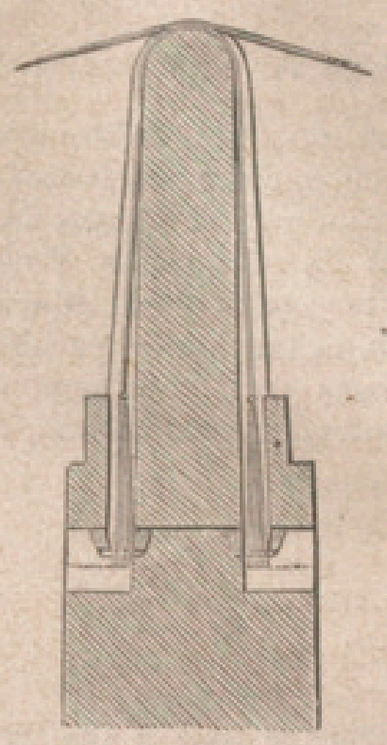
siste à réunir les puits par une voûte en arc de cercle dont les retombées aboutissent aux puits d'amarrage, et viennent ajouter à la stabilité par leur poids et par celui des terres que supporte la voûte. Les câbles sont retenus dans les puits par de forts goujons en fer qui passent dans les crouzières et s'appuient sur une plaque de fonte solidement encastrée dans la maçonnerie (fig. 2138).



2138.

Il est important que le point d'inflexion se fasse au dessous du sol afin que les assises de pierre ne glissent pas les unes sur les autres entraînées par la tension, à moins cependant que l'on appareille les pierres en voûte. On doit aussi prendre garde que la résultante au point d'inflexion ne sorte pas de la culée. Quand l'amarrage est terminé, on remplit les cheminées de chaux pour conserver le fer et on recouvre leur orifice d'une dalle en pierre ou en fonte. On ménage toujours une ouverture qui permet de descendre dans le puits et de visiter les points d'attaches. Dans certaines circonstances, si le sol est très résistant, on n'a plus besoin d'élever un massif en maçonnerie pour faire équilibre à la tension, on se contente d'assujettir les câbles dans le sol lui-même au moyen de voûtes renversées. C'est ce qui a eu lieu au pont de Fribourg.

Piles. Les piliers se construisent tantôt en maçonnerie, tantôt en fonte. Lorsqu'ils sont en maçonnerie ils ont la forme de portiques plus ou moins ornés de colonnes ou de pilastres. Les câbles peuvent y être attachés ou ne faire qu'y reposer. Quand ils y sont fixés on fait usage d'un chevalet en fonte avec patin, muni de 4 forts tirants en fer, qui descendent jusque dans le bas de la pile, où ils sont scellés; ce chevalet porte un fort goujon en fer forgé auquel sont assujettis les câbles. On peut aussi faire passer les câbles de chaque côté du pilier en les courbant, et les amarrer dans



2139.

la pile; alors la pile joue réellement le rôle de culée et porte ce nom. Nous en donnons un exemple fig. 2139. Dans tous les cas, il faudra calculer l'épaisseur de la maçonnerie, en prenant le moment de la composante horizontale, appliquée au sommet du pilier et l'égalant au moment de la résistance, qui est le poids du pilier et de la pile, appliqué au centre de gravité. Si le câble ne fait que reposer sur la pile, on le supporte au moyen d'un chariot, ou système de rouleaux en fonte, reliés entre eux, qui a pour but de permettre le glissement des câbles et une répartition de la charge. Afin d'éviter l'emploi des piliers en maçonnerie qui sont coûteux et obstruent quelquefois la vue, on a souvent imaginé de se servir de la fonte à laquelle en donne la forme de bielles ou de colonnes: quand on les voit de face elles ont la configuration des solides d'égale résistance; latéralement, elles ont une forme trapézoïdale dont le plus grand côté est à la base, afin qu'elles aient plus de stabilité; leur hauteur est de 2ᵐ,75, et leur largeur à la base 0ᵐ,92. Elles sont terminées au sommet par une partie circulaire, afin que le câble vienne s'y étendre en s'aplatissant et ne se courbe pas brusquement, ce qui pourrait occasionner des ruptures dans les fils. La partie inférieure a la forme de couteau et est placée dans un coussinet en fonte, de telle sorte que la bielle peut prendre un mouvement d'oscillation; le tout repose sur un socle en pierre. Telle était la disposition adoptée au pont de Bry. D'autres fois, comme aux ponts de Saint-Denis, de Triel on donne à la fonte la forme d'une colonne terminée par un couteau à sa partie inférieure et par un chevalet et un fort goujon au sommet. Au pont de Curel on a dissimulé le fût de la colonne sous une base rapportée. Lorsque l'on fait usage de supports en fonte dans des ponts qui ont plusieurs travées, il est indispensable de les rattacher aux piles ou culées au moyen d'un hauban, ou câble oblique qui part du sommet et se fixe dans la maçonnerie, comme les câbles de tension. En effet, il pourrait arriver qu'une de ces travées fût chargée de poids considérables, tandis que l'autre ne le serait que fort peu, alors elle serait soulevée et la colonne prendrait des oscillations nuisibles à la solidité du pont, si même elle n'était pas deversée. Une autre innovation, qui n'est pas moins bonne que la première, consiste à employer du fer pour former les pièces de pont auxquelles on donne la forme de solides d'égale résistance. Elles sont composées de barres de fer cintrées et réunies entre elles par des tirants et des pièces obliques, qui empêchent leur déformation; elles n'ont pas l'inconvénient de fléchir et ne sont pas sujettes à se pourrir comme les pièces de pont en bois qu'il est difficile de remplacer. M. Chaley a employé pour poutrelles des tuyaux ou cylindres en fonte qui ont complétement réussi. Pour terminer ce qui regarde les ponts suspendus, il nous reste à dire un mot de ceux qui sont les plus remarquables. Le pont de Fribourg, qui tient le premier rang, n'a qu'une seule travée de 265ᵐ, nécessitée par la profondeur de la vallée sur laquelle il est établi. Ses chaînes sont supportées par des portiques de 20ᵐ de hauteur et de 5ᵐ d'épaisseur; elles viennent ensuite s'attacher dans le roc de la façon que nous avons indiquée déjà. Ce pont, d'une construction si hardie et si élégante, n'offre peut-être

PONTS.

pas assez de rigidité dans son tablier qui ondule au passage des voitures, malgré les dispositions prises par le constructeur, avec trop de timidité, comme l'ont montré les constructions américaines dont nous allons parler. Au pont de Menay, en Angleterre, qui est élevé d'au moins 30 mètres au-dessus de la mer, afin de permettre aux bâtiments à voiles de passer au-dessous, on a tendu 4 chaînes qui forment trois travées: une au milieu pour les piétons et 2 latérales pour les voitures. Les piles sont en outre évidées afin d'alléger autant que possible la maçonnerie, car le terrain sur lequel on avait à fonder était très-mauvais. Il a été fait de même à Cubzac, où l'on avait également à réserver le passage des navires, et, en outre, une largeur de 500 mètres, mais on a adopté 5 travées ; les piliers au lieu d'être en maçonnerie sont en fonte, ayant la forme de colonnes, reliées par des haubans. Parmi les ponts de moindre importance, mais qui sont néanmoins d'une construction remarquable, nous citerons le pont de Genève dont les chaînes ont été placées en dessous du tablier, les ponts de Saint-Denis, construits avec autant de légèreté que d'économie, en deux travées, chacune supportée par une colonne en fonte, munie de haubans ; le pont de Triel et de Brie sur la Marne, où l'on a fait usage de bielles en fonte. Les supports de ce dernier pont sont peut-être un peu faibles au sommet et il est à craindre qu'ils ne nuisent à la solidité de l'ouvrage. Enfin, nous citerons le pont de Curel sur la Marne, où l'emploi de la fonte, pour les colonnes et le tablier, a permis de réaliser une grande économie sans nuire cependant à la solidité.

Constructions américaines. Après avoir joui d'une grande faveur à l'origine, les ponts suspendus ont été tout à fait abandonnés en France. De nombreuses ruptures, et surtout l'accident d'Angers, où un détachement de troupes périt parce qu'il avait continué à marcher au pas, firent condamner un système qui ne fournissait pas des conditions de durée et de solidité suffisantes. Pendant ce temps, il était au contraire repris et perfectionné en Amérique pour des travées d'une largeur exceptionnelle. Les constructions américaines se distinguent des nôtres par la réunion d'un pont en tôle et d'un pont suspendu, par de nouveaux organes, qui sont:

1° Des poutres longitudinales ou autre disposition équivalente de ponts en tôle à treillis d'une grande rigidité;

2° Des arceaux boulonnés, faisant un arc d'une seule pièce;

3° Des tirants inclinés ou haubans, partant des tours qui supportent les câbles de suspension et venant s'attacher au tablier, jusqu'à une certaine distance des tours, destinés à supporter les suppléments de poids qu'apportent les charges mobiles.

C'est à l'ingénieur John Rœbling, mort en 1869, que l'on doit le genre de construction dont il s'agit. Le raisonnement dont il est parti est le suivant : Soit *acd* la

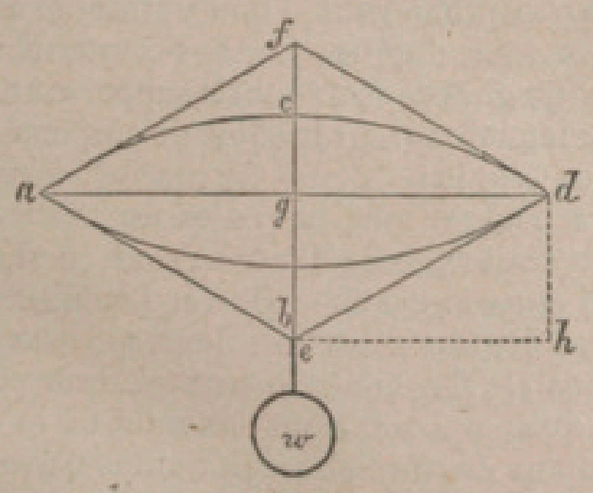


Fig. 1.

courbe d un arc de pont métallique (fig. 1), les poids dont il est chargé tendent à écarter les extrémités *a* et *d*; aussi les réunit-on par un tirant *ad*, qui annule toute action extérieure. Si un second arc semblable au premier, mais renversé, était placé au-dessous du premier, chargé des mêmes poids et exactement de la même manière, les extrémités tendraient à se rapprocher au lieu de s'écarter, comme dans le cas précédent. Donc, en employant simultanément ces deux arcs, on pourra supprimer le tirant *ad*, qui pèse presque autant que l'un d'eux, les points *a* et *d* se trouvant soumis à l'action de deux forces égales et de sens contraires. De plus, la résistance du système sera doublée, ou, si l'on aime mieux, les efforts supportés diminués de moitié pour chaque arche; les poids pourront être considérablement réduits, et par suite le système convenir pour des portées tout à fait extraordinaires.

L'arche concave est nécessairement du genre de construction des ponts suspendus, et c'est son bon emploi concurremment avec celui de l'arche convexe en tôle, qui se rapproche de celle des bowstrings (Voyez SERRURERIE, ponts en fer), qui a été l'objet des méditations de l'ingénieur, dont les calculs se sont appliqués à rendre la tension dans la première peu différente de la compression dans le second.

Nous décrirons, pour préciser les détails de construction de cet intéressant système quelques ponts de ce genre (fig. 2). Le premier établi est le pont du Niagara, construit de 1851 à 1855, à 3 kilomètres au-dessous de la chute. Il présente deux tabliers superposés à 7 mètres environ de distance verticale ; sa largeur totale est de 7m,30. Le tablier inférieur sert pour les voitures ordinaires et les piétons. Le tablier supérieur porte une voie de fer; les rails reposent sur deux longrines, consistant chacune en poutres pleines superposées. Les deux tabliers sont reliés par deux grandes fermes composées de semelles et de montants en bois avec tirants inclinés en fer ; les montants sont formés de moises qui embrassent non-seulement les croisillons en fer, mais aussi une semelle intermédiaire en bois.

Il y a quatre câbles de suspension, dont deux sont reliés par les tiges au plancher supérieur et deux au plancher inférieur.

Le poids permanent supporté par les câbles de suspension est de 600 tonnes de bois et 400 tonnes de fer, y compris le poids des câbles. La dépense de construction du pont s'est élevée à 400,000 dollars, environ 2 millions de francs.

Le fléchissement du tablier, quand il est couvert d'un bout à l'autre par des wagons de marchandises à charge pleine, n'excède pas 0m,25. Si d'ailleurs, à l'aide d'un niveau placé sur l'une des deux culées, on observe le passage d'une lourde locomotive et de son tender, on découvre à peine une flexion quelconque tant que la machine n'a pas dépassé la portée des haubans; au delà l'affaissement augmente rapidement.

Un pont d'aval a été ensuite construit sur le Niagara; c'est encore un pont suspendu sur lequel passent les locomotives. La traversée s'opère d'ailleurs lentement. On limite la vitesse à 8 kilomètres à l'heure.

Le pont de Cincinnati sur l'Ohio, qui a 322 mètres d'ouverture et 30m,50 de hauteur au-dessus de l'eau, présente, avec une largeur de 10m,94, une double voie charretière entre deux passages de piétons. Il n'y a ici que deux câbles au lieu de quatre. Mais la voie charretière est comprise entre deux poutres de 3m,10 de hauteur, et les garde-corps des trottoirs sont aussi des poutres de moindre hauteur. Les tiges de suspension viennent s'attacher sous les grandes poutres dans la partie centrale du pont et sous les petites dans les parties voisines des piles, les plans des câbles étant inclinés sur la verticale en se rapprochant vers le bas. Les tours s'élèvent à 40 mètres au-dessus du plancher et le nombre des haubans est porté à 20 par demi-câble.

Ce pont a coûté près de 9 millions de francs. Il est, dit-on, d'un entretien très-dispendieux.

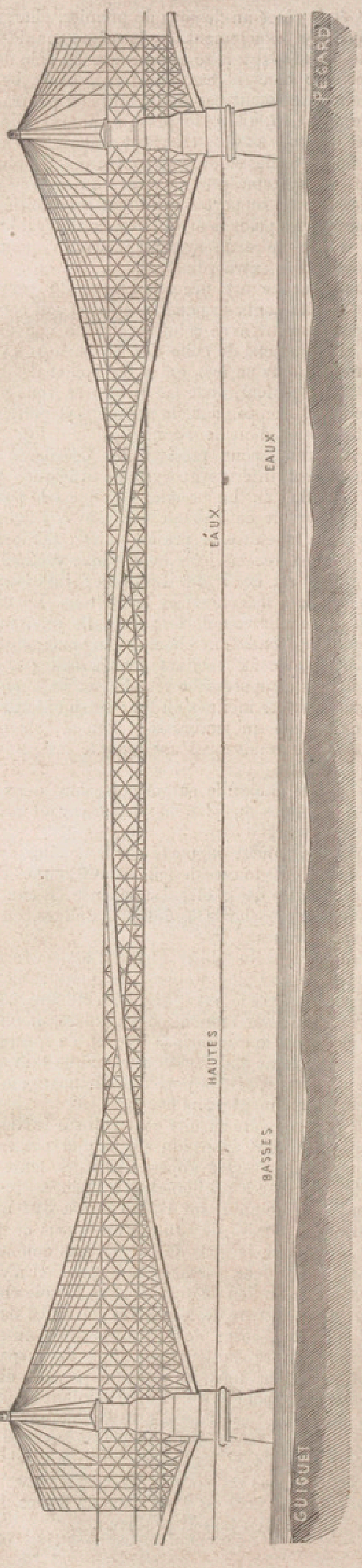


Fig. 2.

Le pont de Niagara-Falls, achevé en 1869, comprend une seule travée de 386m,84 entre les points de suspension. C'est la plus grande ouverture qu'un pont ait jamais franchie sans supports intermédiaires. La largeur du tablier n'est que de 3m,05. Les câbles sont supportés par des tours provisoires en charpente.

La dépense s'est élevée à 600,000 francs. Ce pont n'est qu'une simple passerelle, destinée principalement à livrer passage aux touristes qui viennent contempler les cataractes du fleuve. Toutefois une voie de tramway occupe le milieu du tablier.

Il y a seulement deux câbles de suspension qui descendent au niveau du tablier dans le milieu du pont. En ce point minimum ils ne sont espacés que de 3m,66 d'axe en axe, tandis qu'en haut des tours ils le sont de 12m81, ce qui fait un surplomb latéral de 4m,57. La flèche est verticalement, et à la température moyenne de 27m,70 ; dans le plan incliné du câble, elle est de 28m,13.

Il y a douze haubans pour chaque demi-câble, quarante-huit en tout. Ils arrivent jusqu'à mi-chemin du centre. Le plus long hauban est tangent à la courbe du câble au point de suspension ; les autres vont s'attacher à la plate-forme à des intervalles de 7m,62. Leur diamètre varie de 0m,08 à 0m,14. Ces douze haubans, qui se rapprochent en montant vers le haut de la tour, se joignent un peu avant d'y arriver et s'assemblent avec sept autres tiges réunies en un faisceau ; ce faisceau passe sur un chariot spécial, puis s'accole au câble de suspension en descendant vers la terre où d'ailleurs il trouve un amarrage distinct. Du côté de la rivière, les haubans descendent dans le plan des câbles de suspension, et un lien les rend jusqu'à un certain point solidaires de chacune des tiges de suspension qu'ils croisent.

Quatre liens horizontaux (deux vers chaque rive) en câble de 80 millimètres de diamètre, relient les deux câbles de suspension à une hauteur convenable pour ne pas gêner le passage. Quatre autres liens (deux encore pour chaque rive), partant du pied des tours, vont comme des brides de cheval s'attacher aux deux câbles à 33m,55 de distance.

Des amarres extérieures, fixées par un anneau à la semelle inférieure des poutres, relient le tablier sous des inclinaisons variées à la crête de la berge ou à de gros blocs noyés dans le talus. Bien que ces amarres soient, comme les tiges de suspension, des câbles de 16 millimètres de diamètre, elles sont à peine visibles à l'œil nu. Elles s'étendent presque jusqu'au milieu du pont. Il y en a vingt-huit en amont et vingt-six en aval.

La tour de la rive gauche a 32m,02 de hauteur, celle de la rive droite 30m,50 ; elles atteignent ainsi au même niveau. Chacune d'elles a la forme d'une pyramide tronquée. Elles sont séparées par un intervalle de 3m,96 à la base ; mais à une hauteur convenable les pièces horizontales se prolongent d'une pyramide à l'autre et en font une tour unique. Chaque pyramide est couronnée par un chapeau en fonte supportant le double chariot sur lequel passent le câble de suspension et celui des haubans réunis.

Les deux poutres longitudinales du tablier, qui font garde-corps sur 1m,50 de hauteur, sont en charpente et construites dans le système Howe. Les pièces de pont reposent sur les semelles inférieures. Deux séries de contre-fiches en fer contrebutent chaque poutre tant au dedans qu'au dehors. L'un des rails de la voie de fer est contigu aux contre-fiches intérieures d'aval, de sorte qu'il reste en avant de la voie assez d'espace pour que les piétons puissent partout circuler sans danger à côté des voitures ou des traîneaux. Une sonnerie, qui met en communication les deux postes établis aux extrémités du pont, sert à empêcher que deux voitures marchant en sens contraire ne s'y engagent à la fois.

Dans tous les ponts dont nous venons d'indiquer les principaux éléments, les câbles et les tiges de suspension, les haubans et les amarres extérieures, sont tous formés de câbles en fil de fer. Les fils sont tordus et non parallèles. Pour éviter les soudures et épissures qui constituent autant de points de rupture, on a tenu à employer des fils continus et d'un seul morceau.

Leur longueur par suite est considérable. Elle atteint 582m,55 au pont de Niagara-Falls. Ces fils ont été fabriqués à Manchester par un procédé nouveau. On avait des tiges de 4m,57 de longueur et de 11 centimètres carrés de section pesant 63k,42. On en tirait par une seule opération et en moins d'une minute des fils de la longueur et de la grosseur requise. A cet effet on chauffait les tiges au rouge blanc dans un fourneau à gaz et on les faisait passer par une série de filières jusqu'à ce qu'ils fussent graduellement réduits au diamètre du n° 3 du calibre de Birmingham; une extrémité de la tige était encore dans le fourneau quand l'autre s'enroulait déjà autour de la bobine; puis le fil était étiré dans trois trous et amené ainsi au diamètre de 3mm,8. Avec dix-neuf fils on faisait un brin et avec sept brins un câble élémentaire.

Chacun des câbles de suspension est composé de sept câbles élémentaires et contient ainsi neuf cent trente et un fils. Le brin central de chaque câble élémentaire étant rectiligne, tandis que les autres sont enroulés en spirale autour de lui, sent le premier l'effort d'une charge appliquée subitement et rompt le premier. A raison de cette circonstance, M. Samuel Keefer, ingénieur du pont de Niagara-Falls, a fait le brin central en fer doux tandis que les autres sont en fer dur. Le fer doux étant plus ductile, le brin central s'allonge jusqu'à ce que ceux qui l'entourent soient amenés à un état de tension tel qu'ils travaillent tous ensemble.

Rœbling a également perfectionné le mode d'attache des câbles. Son système consiste à employer une plaque de fer percée d'un trou conique dans lequel on engage l'extrémité du câble. Le plus petit trou du diamètre est un peu supérieur à celui du câble, le plus grand est le double de l'autre. On épanouit les fils dans l'intérieur du cône et on chasse des clous en fer, de manière que la cavité soit parfaitement remplie. On commence par des clous occupant toute la longueur et on achève avec d'autres qui sont plus petits et plus minces. Les fils sont huilés ainsi que les clous; ceux-ci sont arrondis à la lime. A la fin on retourne à angle droit, sur la tête des clous, les bouts des fils qui font saillie sur la plaque; puis on coule du plomb qui achève de remplir les vides et on mate soigneusement.

M. Keefer a encore amélioré cette disposition au pont Niagara-Falls. Avant d'engager le câble dans le trou conique de la plaque, il l'a fait passer dans la gorge creuse d'une croupière de fonte, se rapprochant par sa forme d'une ellipse dont le petit diamètre est égal au double de la circonférence du câble et dont la longueur est triple de ce diamètre. La plaque d'amarrage forme une pièce unique avec la croupière. Les ingénieurs des États-Unis considèrent ce système comme supérieur à tous ceux usités en Europe.

Nous renverrons à l'intéressant rapport fait par M. Dallot à la Société des Ingénieurs civils de l'ouvrage de M. Malézieux sur les travaux publics aux États-Unis (auquel nous empruntons la plus-grande partie de cette étude) pour la description des autres travaux de même genre, et notamment sur le pont si audacieux sur le bras de mer qui sépare New-York de Brooklyn.

Les États-Unis, ajoute-t-il, sont-ils fondés à revendiquer la découverte des principes qui permettent de placer le pont suspendu dans des conditions de stabilité et de durée égales à celles des autres systèmes; est-ce à eux que l'art de l'ingénieur doit les moyens de franchir avec sécurité des portées regardées jusqu'ici comme

PONTS.

inabordables? Nous répondrons à cette question par la citation suivante empruntée au traité de la construction des ponts métalliques, publié par MM. Molinos et Pronnier en 1857. Ces ingénieurs avaient dès lors fixé les règles à observer.

« La construction des ponts suspendus, quoiqu'elle doive incontestablement être rangée parmi les plus intéressantes et les plus utiles, n'a participé en rien des progrès que les autres branches des arts ont faits dans ces derniers temps à côté d'elle; ces ponts se bornent à un type unique qui depuis l'origine n'a subi que des variations insignifiantes.

« Leur utilité ne s'est manifestée que par les nombreuses reproductions de ce type qui, toujours reconnu vicieux par l'expérience, a fini par être justement condamné par l'opinion, et semble maintenant devoir être définitivement abandonné.

« De ces tentatives malheureuses il est résulté dans le public des préjugés aujourd'hui fort enracinés au sujet de ces ponts. Il semble, en effet, qu'un pont suspendu consiste essentiellement en un tablier très-léger lui-même, soutenu par des tiges verticales reliées à une ou plusieurs chaînes en forme de cordes, le tout présentant un ensemble déformable sous l'action des moindres surcharges, vibrant sous le pas d'un cheval au point de donner souvent de graves inquiétudes, que de fréquents et terribles accidents légitiment du reste.

« Il est certain, cependant, que ces inconvénients ont leur source non pas dans le système même des ponts suspendus, qui est des plus rationnels, c'est-à-dire des plus économiques, à sécurité égale, qu'on peut rencontrer, mais bien à la manière dont ce système a été traduit en pratique dans la plupart des constructions de ce genre exécutées jusqu'à présent; il suffira pour démontrer ce point d'examiner le mode de résistance de ces ponts.

« Un pont suspendu doit en effet se composer d'une chaîne ayant la forme de la courbe d'équilibre, c'est-à-dire à peu près d'une parabole. A cette chaîne est suspendu au moyen de tiges un tablier qui porte les surcharges.

« Dans ce système, tout le métal employé travaille à la traction, c'est-à-dire dans les conditions de résistance les plus favorables.

« En donnant à la chaîne une certaine hauteur sur les piles, on peut, eu égard à son développement, trouver la position qui correspond au minimum de métal, et rendre ces ponts excessivement économiques par rapport aux autres systèmes; un seul inconvénient leur est reproché, c'est leur facilité à vibrer: voyons quelle en est la cause.

« Dans toutes ou presque toutes les constructions de ce genre, le tablier du pont suspendu se compose de poutres parallèles placées transversalement à l'axe du pont, et dont chaque extrémité est soutenue par une tige verticale. Cette tige est fixée à la chaîne, souvent même à plusieurs chaînes généralement composées de câbles en fil de fer. Lorsqu'une surcharge, telle qu'une lourde voiture, par exemple, vient à passer sur le pont, le poids de cette surcharge est transporté tout entier par une seule tige en un seul point de la chaîne; ces chaînes, n'offrant malgré leur tension que peu de résistance dans le sens vertical, fléchissent en s'approchant de la forme rectiligne, et le tablier descend d'une certaine quantité; on comprend alors que ce mouvement donne naissance à une série d'oscillations qui sont fort longues à arrêter, car la pesanteur est la seule force qui tend à réduire le système au repos.

« Ces oscillations augmentent d'amplitude par la combinaison des efforts qui les produisent, comme l'ensemble du pas de quelques personnes, etc., et soumettent le système à des efforts qui peuvent dépasser considérablement ceux que l'on déduirait de l'équilibre statique, et amener par conséquent sa ruine totale.

« On voit donc, en résumé, que le problème à résoudre consiste à s'opposer à la déformation de la chaîne : voici comment nous croyons qu'on peut y arriver :

« Il ne faut pas d'abord qu'une surcharge puisse jamais être transmise à la chaîne en un seul point à la fois; il faut, au contraire, que ces surcharges soient toujours réparties sur la plus grande longueur de chaîne possible.

« Les dispositions qui conduiront à ce résultat seront d'abord l'emploi de tabliers formés de poutres en croisillons ou de poutres parallèles, reposant sur des poutres longitudinales, qui elles-mêmes sont sontenues par les tiges; ensuite, les tiges ne doivent pas être verticales, mais disposées en croisillons de manière à former une espèce de latice, de telle sorte qu'un poids placé en un certain point du tablier soit, par l'intermédiaire de ce latice, réparti sur une grande longueur de chaîne à la fois; il faudrait renoncer aux tiges en fil de fer, pour leur substituer les fers à T laminés, rivés tous ensemble à tous leurs points de rencontre, et produisant par conséquent des décompositions de force propres à atteindre encore mieux le but proposé.

« Enfin, et c'est le point le plus important, nous croyons que les chaînes elles-mêmes doivent être contruites dans un tout autre esprit.

« La presque totalité des chaînes actuellement employées pour les ponts suspendus se compose de câbles en fil de fer; les raisons qui ont poussé à ce choix sont de deux natures : d'abord, il est vrai que le fil de fer présente, sous la même section, une résistance plus considérable que les autres espèces de fer, et qu'il est d'une qualité supérieure et plus égale; ensuite, l'emploi des fers laminés a rencontré longtemps dans les arts une opposition basée en partie sur un préjugé: on pensait généralement qu'on devait accorder au métal et à ses différents modes d'assemblage une confiance très-restreinte. De grandes expériences, des travaux qui doivent servir de modèle ont été exécutés depuis, et nous croyons pouvoir dire que c'est en effet là une opinion erronée. Des tôles rivées peuvent être employées à résister à un effort de traction avec autant, nous dirons même plus de sécurité que les câbles en fil de fer; ces derniers sont certainement soumis à une incertitude beaucoup plus large par leur fabrication même, et par les plus grandes facilités qu'ils présentent à l'action destructive de l'air. Il est en effet difficile de s'assurer que tous les fils d'un câble en fil de fer sont également tendus, et c'est pourtant à cette condition seule qu'on peut compter sur sa section; c'est d'ailleurs la manière d'employer le métal qui peut présenter à l'air le plus de surface, et une fois l'oxydation commencée, la destruction la plus rapide. Il est inutile de fournir à l'appui de cette remarque les nombreux exemples d'accidents qui ont eu leur source dans cette seule cause, et où des câbles mal entretenus ont été détruits dans un temps très-court, lorsque dans les mêmes circonstances une masse homogène eût certainement résisté.

« Nous ne pensons donc pas qu'on doive, ainsi qu'on l'a fait généralement jusqu'à ce jour, considérer les câbles en fil de fer comme le mode d'exécution le plus convenable des chaînes de ponts suspendus, les fers laminés ou les tôles rivées nous paraissent de beaucoup préférables, et l'emploi de ce dernier système introduirait en même temps dans la construction de ces ponts une amélioration radicale: c'est la possibilité de donner à la chaîne une forme telle qu'elle soit capable d'une résistance suffisante dans le sens vertical pour ne plus se déformer.

« Un pont suspendu est-il donc autre chose qu'un pont en arc renversé? Les efforts auxquels la chaîne est soumise sont identiques à ceux qui sont supportés par l'arc ordinaire, si ce n'est qu'au lieu d'un effort de compression, chaque fibre supporte un effort de traction; la même analogie existe entre les tympans et le latice du pont suspendu; on voit donc que ce problème de faire un pont suspendu sans vibration trouvera sa solution entière dans les modifications que nous proposons.

« Si, au reste, on pouvait conserver encore à ce sujet quelques doutes, il suffirait, pour les lever complétement, de réfléchir à l'analogie qui existe entre les bow-strings et un pont suspendu, analogie que les quelques mots qui précèdent mettent en évidence; or, malgré la position très-désavantageuse dans laquelle est placé l'arc du bow-string par rapport à la chaîne, puisque le premier travaille à la compression, c'est-à-dire dans un équilibre instable, tandis que la chaîne et tout le système des tympans, soumis uniquement à des efforts d'extension, sont dans un équilibre stable, les exemples des bow-strings exécutés sont bien propres à démontrer que ces ponts peuvent parfaitement servir au passage de trains de chemin de fer, et qu'à plus forte raison, des ponts suspendus construits suivant les règles que nous indiquons atteindraient également ce but, le métal s'y trouvant employé dans des conditions de résistance et surtout de stabilité supérieures. »

Ponts biais. Jusqu'ici nous n'avons parlé que des ponts établis perpendiculairement aux cours d'eau ou aux routes qu'ils sont destinés à franchir, mais il arrive souvent dans les tracés de chemin de fer et les canaux, que l'on est conduit à établir un pont biais par rapport aux obstacles que l'on rencontre; alors on adopte un appareil particulier qui varie suivant la nature des matériaux que l'on a à sa disposition. On pourrait bien, il est vrai, former la voûte biaise d'une série de petites voûtes droites qui reporteraient toute la poussée dans le sens parallèle au chemin ou au canal, mais cette disposition, désagréable à l'œil, ne permettrait pas de relier suffisamment entre elles les différentes zones dont l'ouvrage serait composé.

Ces ponts offrent quelque difficulté dans l'appareillage pour les ponts en pierre ou les têtes des ponts en briques, qui se font toujours en pierre. Cette question a été traitée à l'article STÉRÉOTOMIE du *Complément.* Nous y renverrons. Les ponts en tôle remplacent aujourd'hui les ponts biais en pierre, la plupart du temps, pour les chemins de fer.

Ponts mobiles, bacs. Les ponts fixes ne sont pas toujours applicables sur les rivières et sur les canaux, quand les rives sont basses et qu'on ne peut pas les élever, ou que les besoins de la navigation s'y opposent. Si le passage est peu important, on fait usage de bacs ou bateaux de 6 à 10 mètres, que l'on conduit soit à l'aide d'une corde fixée en travers de la rivière, soit à la rame. Dans le cas où l'on craint que cette corde ne gêne le passage des bateaux à voiles, on fixe au milieu de la rivière un câble, que l'on supporte de distance en distance par des bateaux, et auquel est attaché le bac; suivant la position du gouvernail, le courant lui imprime un mouvement de droite ou de gauche, et lui fait décrire ainsi un arc de cercle d'une rive à l'autre. (Voy. BAC.)

Ponts de bateaux. Si la circulation est plus active, on a recours aux ponts de bateaux. Ils consistent en un plancher avec garde-corps en bois porté par une suite de bateaux liés entre eux par des poutrelles. Lorsque l'on veut donner passage à la navigation, on fait passer sur le côté un ou deux bateaux, que l'on dirige avec le gouvernail, et on les replace ensuite dans leur position primitive. Le plan incliné qui donne accès au tablier du pont doit être mobile et suivre les crues du cours d'eau.

Le plus souvent les ponts mobiles sont établis sur des canaux, et alors on ne saurait avoir recours à ces solutions ; on se sert pour les franchir de ponts-levis, de ponts glissants et de ponts tournants.

Ponts-levis. Les ponts-levis sont formés d'un tablier mobile autour d'un axe, mû au moyen d'un châssis en bois auquel sont attachées deux chaînes ; l'une qui soulève le tablier, l'autre au moyen de laquelle on imprime au châssis un mouvement de rotation. On ne les emploie que pour des ouvertures de 4 à 5 mètres, quand ils n'ont qu'une seule volée, et pour des ouvertures de 8 à 10 mètres, quand ils en ont deux. Dans les places de guerre les ponts-levis sont à une volée. Généralement on profite des murs pour y établir les appuis. On es soulève au moyen de contre-poids suspendus à l'extrémité de la chaîne, qui s'enroule sur une poulie. A mesure que le tablier se soulève les contre-poids viennent poser sur un plan, mais il en reste toujours assez pour faire équilibre au tablier dans la position qu'il occupe. On peut aussi se servir de la chaîne elle-même, à laquelle on donne une pesanteur convenable ; on l'attache à un point fixe, de façon qu'à mesure que le pont se lève il reste toujours une portion de cette chaîne capable de faire équilibre à la partie soulevée.

Le tablier n'est pas toujours mû de la même façon. Dans certains cas, quand l'ouverture est peu considérable, on emploie un quart de cercle dentelé fixé au tablier, et un cric à engrenages multiples au moyen duquel on met en mouvement le pont. D'autres fois on maintient le pont horizontal par un taquet, et pour donner passage aux bateaux on le fait basculer dans une fosse circulaire ; mais les fosses ont l'inconvénient de n'être pas toujours étanches, et d'ailleurs le pont a une longueur plus grande que celle qui est nécessaire au passage.

Nous renverrons aux cours de fortifications les personnes qui voudraient faire une étude spéciale de la construction des ponts-levis dont la théorie a fait l'objet de fort beaux travaux de plusieurs savants officiers du génie militaire, nous pensons cependant qu'on verra ici, avec plaisir, quelque indication de ces intéressants travaux.

Nous ne reviendrons pas sur le pont-levis à flèche que tout le monde connaît, et qui est surtout précieux par sa simplicité. Son maniement est incommode ; sans doute, on peut équilibrer le tablier du pont par le contre-poids mis en arrière des flèches, et l'équilibre peut continuer pendant le mouvement par une construction convenable, mais bientôt l'effet du bois le dérange. De plus, la nécessité d'avoir un point fixe très élevé au-dessus du passage, rend ce système peu applicable dans l'industrie, tandis que cet inconvénient n'existe pas pour les portes de villes fortifiées.

Les ponts-levis les plus remarquables sont les ponts-levis à contre-poids et à chaînes établis en vue d'obtenir un équilibre absolu dans toutes les positions du tablier. On distingue parmi les systèmes à chaînes celui de Belidor, dans lequel deux contre-poids, suspendus par des chaînes roulent sur deux courbes dites *sinusoïdes ;* le pont-levis à spirale du capitaine Derché, dans lequel le contre-poids est suspendu à une chaîne qui s'enroule sur une spirale, et enfin le pont-levis à la Poncelet que représente la figure 3.

Dans ce pont-levis, l'équilibre est obtenu d'une manière permanente à l'aide d'une grosse chaîne de Galle (voir le détail figure 4), dont le poids agit sur le tablier, en raison de sa position ; c'est-à-dire qu'une partie d'autant plus grande du poids de cette chaîne est soutenu par des points fixes, que le tablier approche davantage de la verticale.

Ce système, dont la construction est très élégante et dont le savant M. Poncelet a établi toutes les conditions d'exécution dans des recherches qui sont d'admirables modèles de mécanique appliquée, a encore le défaut que nous avons signalé : d'exiger un point d'attache placé très haut, ce qui le rend peu applicable dans beaucoup de cas, dans l'industrie

Il n'en est pas de même d'un curieux pont-levis dû au capitaine du génie Delile, cet esprit inventif qui

Fig. 4.

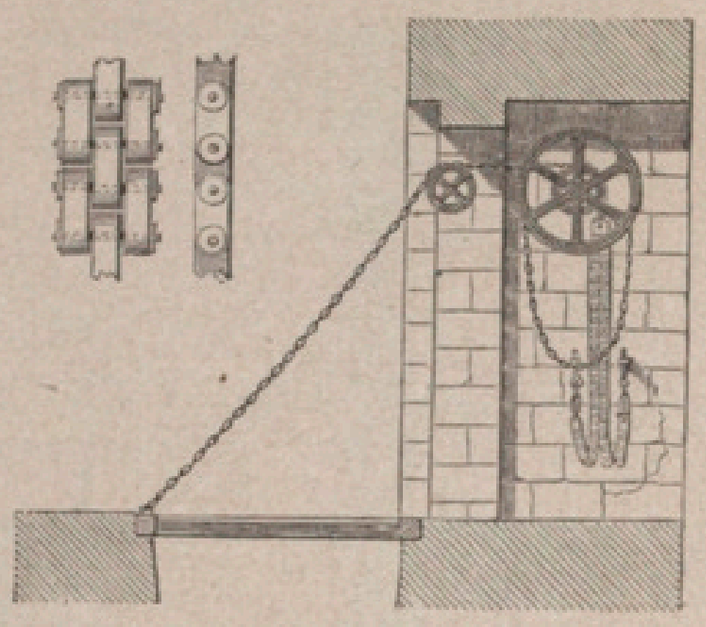


Fig. 3.

eut, il y a trente ans, montrer, sans être compris, tous les avantages que devait offrir l'emploi de l'hélice dans la navigation maritime et qui assurait l'empire de la mer à la France si elle voulait la première construire une flotte de guerre mue par l'hélice. C'est surtout un perfectionnement dû à M. le colonel du génie Bergère qui rend avantageuse le système Delile.

Le tablier A du pont Delile (fig. 5) s'élève au moyen

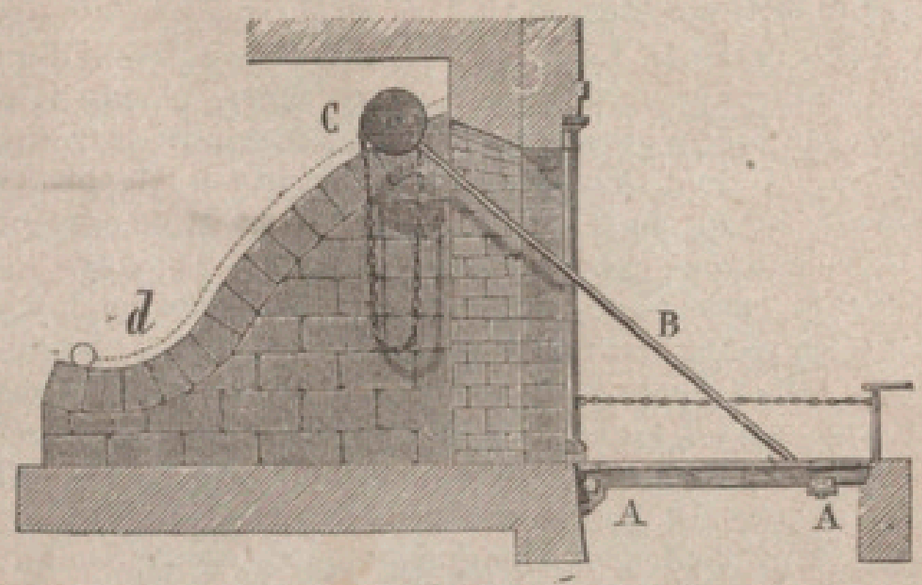


Fig. 5.

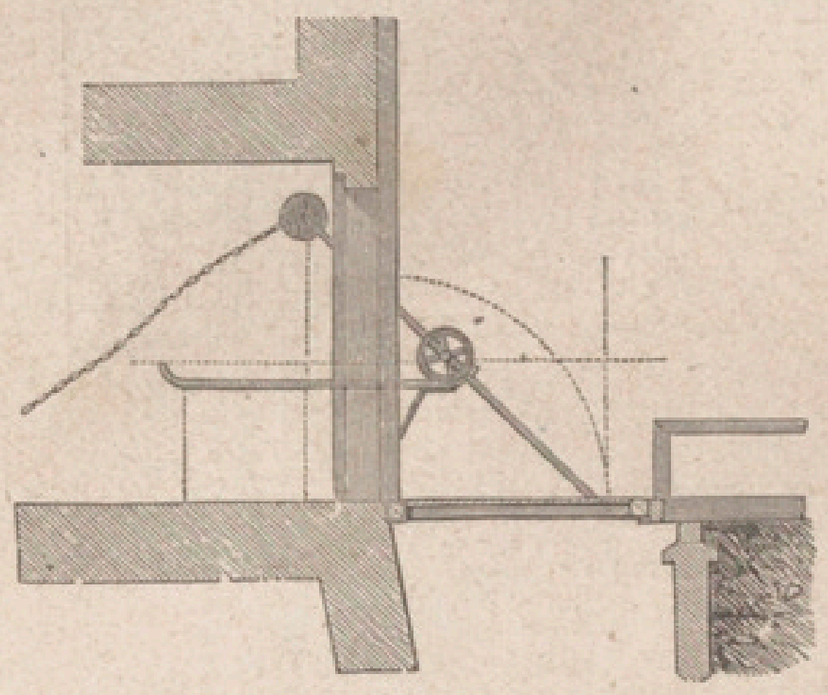
de deux barres en fer B, B qui par l'une de leurs extrémités embrassent un fort boulon fixé au tablier, et de l'autre un essieu aussi en fer, terminé par deux cylindres C, qui descendent en roulant sur deux courbes *d*, tracées de telle manière que le système soit en équilibre dans toutes les positions successives du tablier.

Sans entrer dans la théorie qui démontre la possibilité d'obtenir des courbes donnant toujours l'équilibre exact, théorie que l'on trouvera dans le *Cours de Mécanique* de M. Poncelet, nous pouvons indiquer la conséquence tirée par M. Bergère. C'est que, puisque l'équilibre existe toujours, le centre de gravité reste sur une ligne horizontale. Par suite de cette curieuse propriété, on peut (fig. 6) supprimer la courbe des contre-poids et manœuvrer le pont-levis en établissant les contre-poids solidaires aux extrémités des barres, et faisant mouvoir le milieu de ces barres sur un plan horizontal placé à moitié de la hauteur de l'extrémité supérieure de la barre. Il suffit pour cela d'établir en ce milieu une petite roue dont l'axe traverse la barre, et qui roule sur un plan horizontal à mesure que l'on tire les contre-poids de haut en bas, ou le milieu de la barre horizontalement, pour élever le tablier.

La traction sur les contre-poids imprime à la roue un mouvement de translation et de rotation. Il était dif-

PONTS.

ficile d'imaginer une solution plus élégante du problème des ponts-levis, plus facilement applicable dans les travaux de l'ingénieur, pour les embarcadères, etc.



6

On peut voir dans le *Bulletin de la Société d'encouragement* (1848), les détails d'un embarcadère de ce système, établi avec succès au port de Brest. Les roues qui glissent sur un petit chemin de fer ont 1 mètre de diamètre, et les dimensions sont telles que les contre-poids ne touchent pas le sol quand le pont-levis est dressé verticalement.

Ponts roulants. Les ponts roulants se composent d'un tablier mobile sur des rouleaux en fonte, placés dans une chambre préparée à cet effet. A l'extrémité se trouve un plan incliné. Dans ces sortes de ponts le plancher a l'inconvénient de glisser quelquefois difficilement sur les rouleaux, et exige d'ailleurs beaucoup de place.

Ponts tournants. Les ponts mobiles les plus employés sont les ponts tournants. Ils peuvent faire leur évolution, soit à l'aide d'un axe de rotation vertical avec chariot, soit à l'aide d'un axe et d'une cuvette circulaire. Dans tous les cas, cet axe se place sur un massif de maçonnerie à une distance de la berge égale à la moitié de la largeur du pont, afin que lorsque le mouvement de rotation est effectué il ne dépasse pas le parement. Le pivot sur lequel repose toute la charge, se fait avec une tige en fer forgé, de $0^m,12$ environ, aciérée à son extrémité supérieure ; il s'emboîte dans une crapaudine fixée au pont. Autour de lui se trouve le chariot, dont le but est d'empêcher le déversement quand il y a déplacement dans le centre de gravité. Ce chariot est formé de deux cercles concentriques reliés par des bras, et munis de galets coniques qui se meuvent sur un cercle en fonte scellé dans la maçonnerie. Le tablier se compose de poutres horizontales, consolidées en dessous par des sous-poutres ou des arbalétriers venant buter l'un contre l'autre. Afin de diminuer leur portée, elles sont en outre supportées par des haubans en fer qui s'attachent à deux colonnes en fonte placées de chaque côté du pont. Ces colonnes sont portées par une forte traverse placée sur le châssis qui repose immédiatement sur le pivot ; toutes ces pièces sont reliées transversalement par des moises, boulonnées au dehors et non pas dans l'épaisseur du bois, ce qui pourrait l'affaiblir. Le sol sur lequel passent les voitures et les piétons est en madriers ; il est disposé de manière à présenter une voie charretière de $2^m,50$ à 3^m, et des trottoirs de 1^m à $1^m,50$. Comme le point de rotation n'est pas au milieu de l'ouverture, il y a une travée plus pesante que l'on est obligé d'équilibrer en moyen de contre-poids. On ménage dans la culée sur laquelle est établi le point de rotation, une chambre ou enclave, dans laquelle le pont vient se ranger quand il est déplacé. Afin de le fixer lors du passage des voitures, on dispose également dans la culée de la rive opposée une partie circulaire, dans laquelle sont établis deux cylindres en fonte dont les axes sont perpendiculaires au plan des eaux. Lorsque l'extrémité de la grande volée vient s'y loger, les coins dont elle est armée viennent opérer sur les cylindres un serrage qui empêche tout mouvement. On fait pivoter le pont au moyen d'engrenages attachés au tablier, et d'un arc de cercle scellé dans la maçonnerie. Dans le cas où le pont a une assez grande ouverture, il se divise en deux parties mobiles qui viennent s'ajuster l'une contre l'autre.

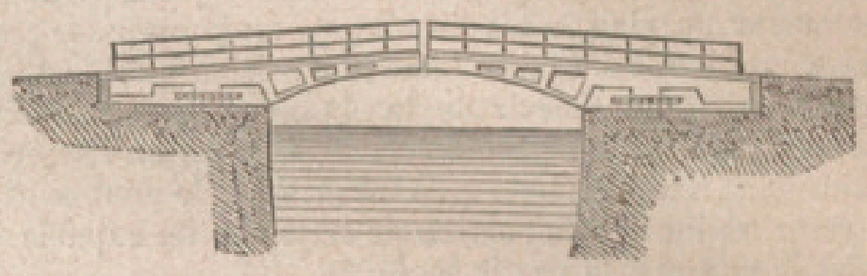


Fig. 7.

Nous donnons figure 7 un exemple de pont tournant.

Les ponts mobiles en fonte sont établis à l'aide de fermes coulées d'une seule pièce et évidées, de manière à les rendre moins massives Les fermes des ponts en fer sont formées de trois tôles de forte épaisseur, évidées et assemblées au moyen de rivets. Ces ponts sont, il est vrai, d'une construction plus coûteuse, mais leur durée est plus grande. Ils n'ont pas l'inconvénient de se déformer comme ceux en bois, ni de nécessiter des réparations fréquentes et coûteuses.

V. BOIS.

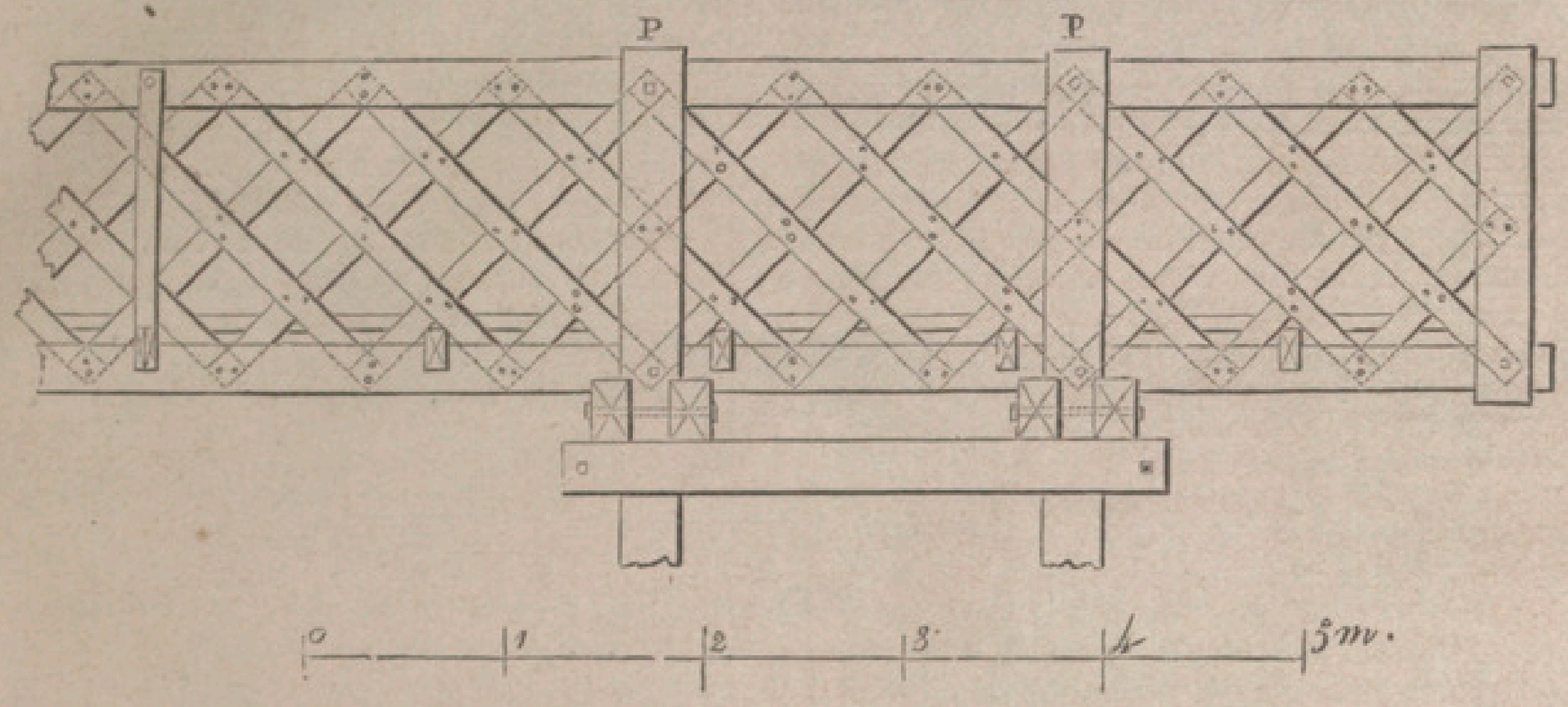
PONTS AMÉRICAINS (anglais, *lattice-bridge*). Les ponts jetés sur les grands fleuves, les lacs et les bras de mer d'Amérique, atteignent des dimensions dont nous ne trouvons en France aucun exemple. Leur longueur est très souvent de 5 à 600 mètres, et il est facile d'en citer d'un développement plus considérable encore. Le pont sur la rivière de Susquehanna à Colombia, et celui du Potomac à Washington entre autres, ont chacun $2.011^m,42$ de longueur, c'est à-dire plus d'une demi-lieue. Ces grands ponts sont formés ordinairement de travées en bois, de 40 à 60^m d'ouverture, supportées sur des piles et culées en maçonnerie. Ils présentent presque tous, à un haut degré, le caractère de hardiesse et d'économie que les constructeurs américains savent imprimer à leurs travaux. Nous ne nous occuperons pas ici de tous les systèmes de charpente employés en Amérique pour l'établissement des ponts à grande portée ; la description de ces ouvrages remarquables doit être réunie à celle des ponts en charpente en général. Nous n'étudierons que la disposition ingénieuse des *ponts à treillage* de M. Ithies Town, les seuls qui soient, du reste, connus en France, sous le nom spécial de *ponts américains*. Cette combinaison toute nouvelle des bois de charpente présente, dans beaucoup de cas, des avantages incontestables. Elle commence à être souvent employée en France, et nous sommes persuadés que son usage deviendra excessivement fréquent quand elle sera mieux et plus généralement connue.

Nous allons examiner successivement la construction des différentes parties de ce genre de ponts, et nous donnerons, en terminant, quelques indications sur leur prix.

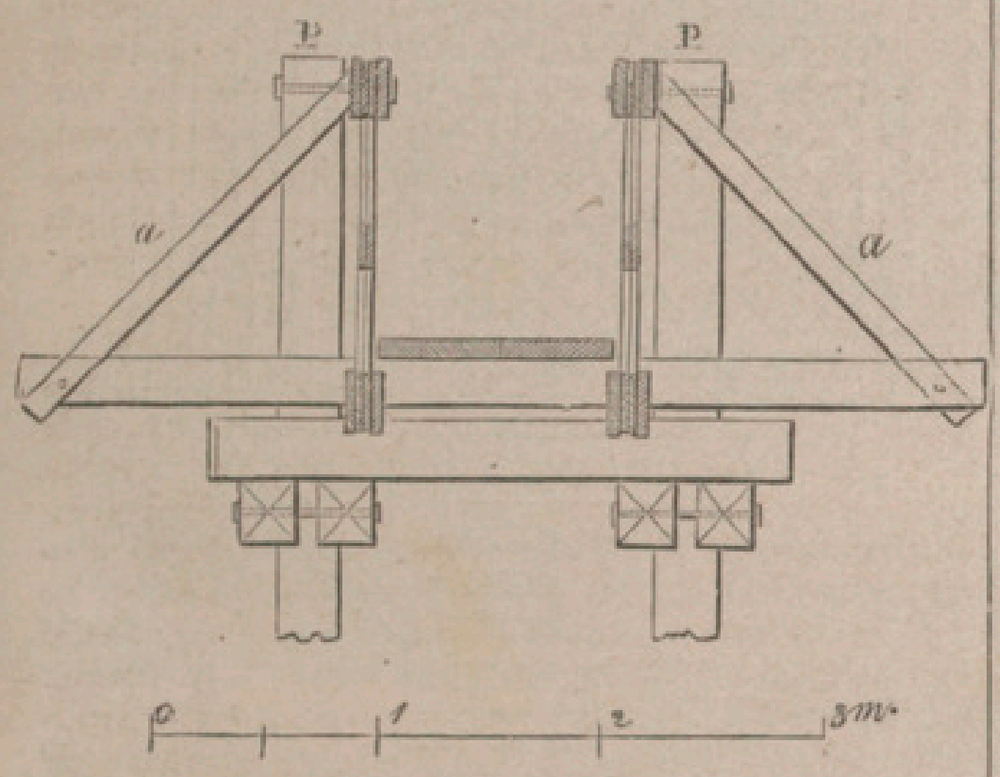
Fermes. Le tablier est ordinairement supporté par deux fermes formées simplement d'un treillis en planches plus ou moins épaisses et moisé, à sa partie inférieure et supérieure, par des pièces longitudinales, comme l'indiquent l'élévation, fig. 2142, et la coupe en travers, fig. 2143, qui montrent la position relative des fermes et du tablier. Les croisillons sont fixés les uns

sur les autres au moyen de clous ou de chevilles en bois. Les moises sont réunies entre elles et au treillis par de forts boulons en fer.

de 0m,0375 de diamètre. Le treillage est relié à sa partie supérieure par deux moises formées par la superposition de madriers de même dimension que les croisil



2142.



2143.

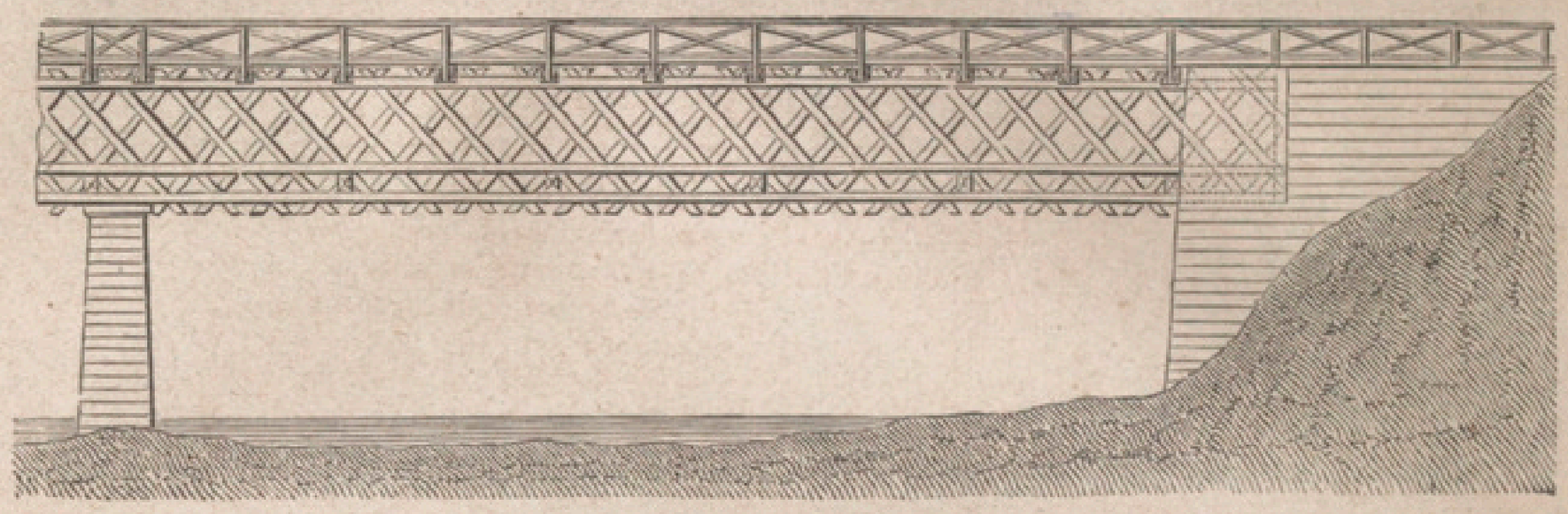
La passerelle de service, dont les fig. 2142 et 2143 indiquent la disposition, a été établie sur le Rhône par M. Garella, pour le passage des ouvriers employés à la construction d'un barrage. Elle se composait de trois travées de 27m,95 d'ouverture chacune supportées par quatre palées en charpente. Les fermes espacées l'une de l'autre de 1m seulement étaient entièrement en sapin et avaient 1m,70 de hauteur. Les croisillons avaient 0m,15 de longueur sur 0m,03 d'épaisseur. Il y avait à chaque croisement deux clous placés alternativement sur une même ligne horizontale ou verticale. Les moises formées de pièces de 20m environ de longueur, réunies à leurs extrémités par des traits de Jupiter, avaient 0m,25 de longueur sur 0m,05 d'épaisseur. Les boulons qui les réunissaient avaient 0m,015 de diamètre. Cette passerelle aurait pu sans danger supporter un poids de près de 400 kilog. par mètre carré superficiel du tablier.

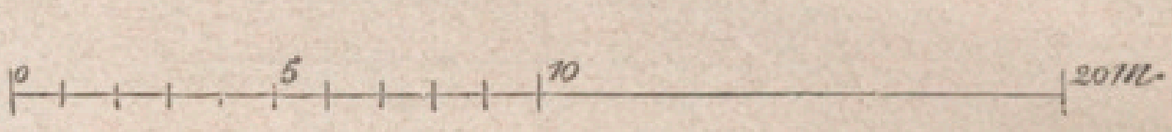
Dans les ponts plus importants, on augmente à la fois la hauteur des fermes, le nombre des moises et l'équarrissage des différents bois. Ainsi, par exemple, les fermes de l'un des ponts construits par M. Robinson, pour le chemin de fer de Philadelphie à Reading, ont (fig. 2144 et 2145) 2m,85 de hauteur. Les croisillons qui forment le treillage ont 0m,30 de longueur sur 0m,075 d'épaisseur; ils sont assemblés à angle droit et réunis à leur point d'intersection par des chevilles en chêne

lons, c'est-à-dire de 0m,30 de largeur sur 0m,075 d'épaisseur, et à sa partie inférieure par un double cours de moises semblables. La portée de chaque travée est de 23m,40. Les fermes sont engagées de 1m,50 environ dans les culées en maçonnerie. La voie de fer est établie au-dessus des fermes, comme nous l'indiquerons plus loin, et garnie de deux garde-corps. M. Robinson, chargé de construire un autre pont de même nature (fig. 2146 et 2147), destiné à supporter des poids plus considérables encore que le précédent, et dont une travée a 41m,65 d'ouverture, a placé sous chaque tête deux fermes juxtaposées, comme l'indique la coupe en travers (fig. 2147), de 5m,47 de hauteur. Les croisillons ont 0m,254 de longueur et 0m,076 d'épaisseur; ils sont réunis, à chaque point de croisement, par des chevilles en chêne de 0m,03 de diamètre. Les diagonales verticales des losanges du treillage, mesurées d'axe en axe des croisillons, ont 1m,29, et les diagonales verticales, mesurées de la même manière, 1m,18 seulement. Les deux treillages qui forment chaque ferme sont disposés de manière à ce que les vides de l'un soient placés vis-à-vis les pleins de l'autre, comme on le voit dans une partie de l'élévation (fig. 2146). Il y a deux cours de moises à la partie inférieure et deux à la partie supérieure. Enfin, des moises verticales de 0m,305 de longueur sur 0m,152 d'épaisseur sont placées à chaque intervalle de quatre losanges pour compléter la rigidité du système. Les piles qui supportent cette immense construction n'ont que 1m,37 au sommet. La charpente est entièrement en pin de Weymouth (*pinus strobus*), excepté les chevilles et les chapeaux des piles et culées qui sont en chêne blanc.

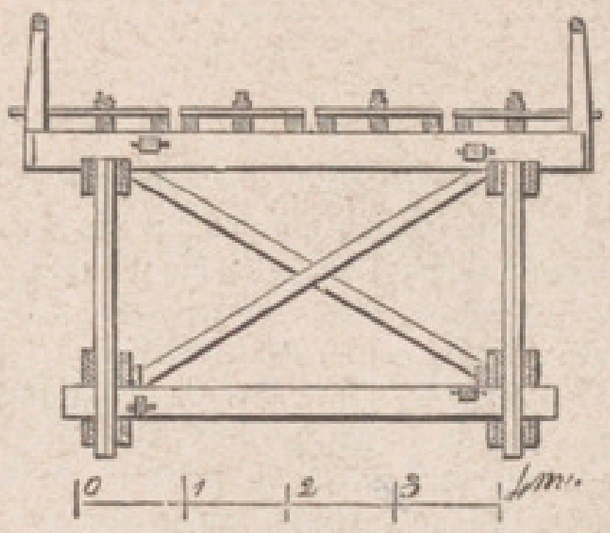
Les fermes sont toujours recouvertes de planches jointives que nous avons cru devoir enlever dans la fig. 2144 et sur une partie de la fig. 2146, pour montrer la disposition de la charpente. Ces planches, en préservant les bois de l'action de la pluie et du soleil, assurent pendant longtemps leur parfaite conservation.

Les ponts de M. Lelong présentent trop d'analogie avec ceux qui nous occupent pour que nous n'en disions pas un mot. Les fermes sont formées, dans ce dernier système de ponts, par deux cours de très fortes moises horizontales réunies par des pièces verticales espacées de 1 à 4m, et par des croix de Saint-André disposées dans les espèces de cadres rectangulaires formés par l'ensemble des moises horizontales et verticales. La construction de ces ponts exige assez peu de bois, et les travées n'exercent sur les culées aucune poussée.





2144.



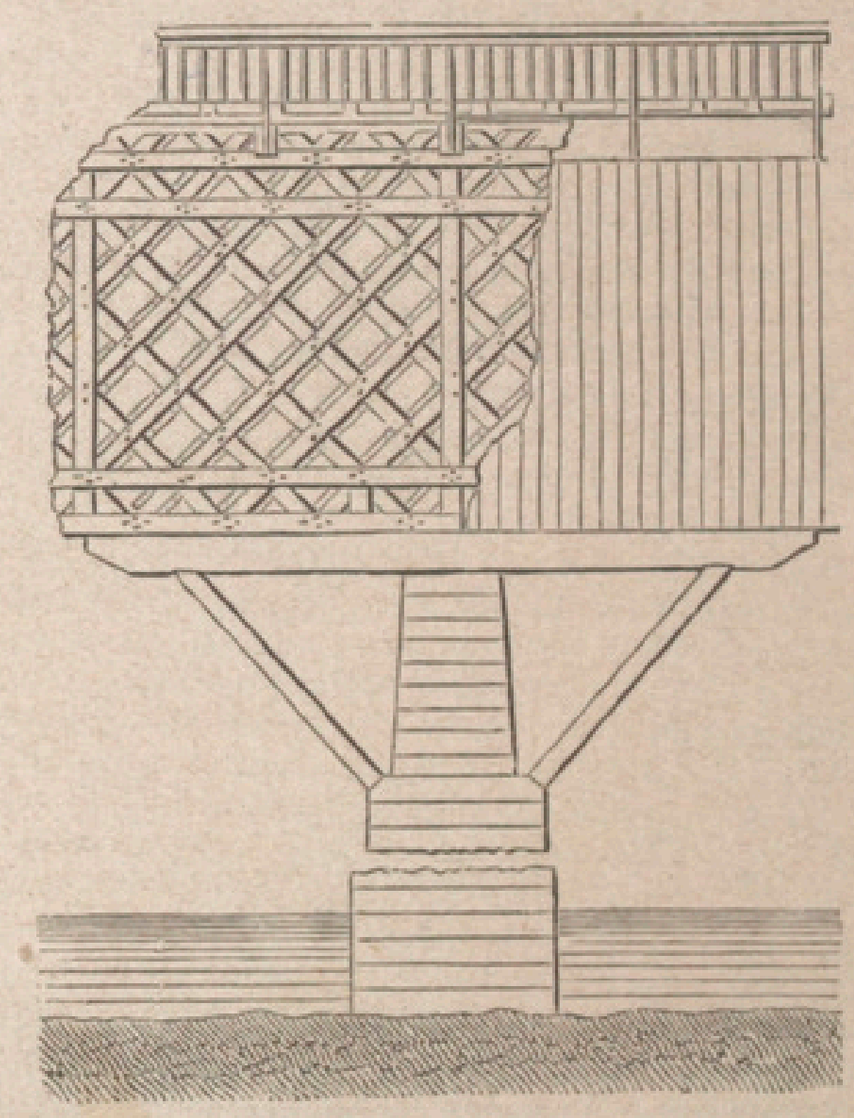
2145

Cependant ils ne présentent pas autant de garanties que les ponts de M. Town, qui sont généralement préférés par les constructeurs.

Tablier. La disposition du tablier dans les ponts à treillage est excessivement simple; il est toujours établi sur les *pièces de pont*, ou poutrelles transversales simplement posées sur les moises horizontales des fermes, ou assemblées avec elles au moyen d'une légère entaille. Pour les passerelles destinées seulement aux piétons, il suffit de jeter sur les poutrelles transversales (fig. 2142), espacées de 1m à 1m,50 d'axe en axe, des madriers jointifs de 0m,10 d'épaisseur environ. Quand on veut avoir des trottoirs de chaque côté du pont et un passage au milieu pour les voitures, on établit sur les pièces de pont deux cours de longuerines espacées de 1m à 1m,50, sur lesquelles on cloue les planches qui forment le trottoir. On établit ensuite sur les pièces de pont, entre les trottoirs, une série de madriers presque jointifs, et, sur ces derniers, un platelage en bois de médiocre qualité sur lequel le roulage a lieu.

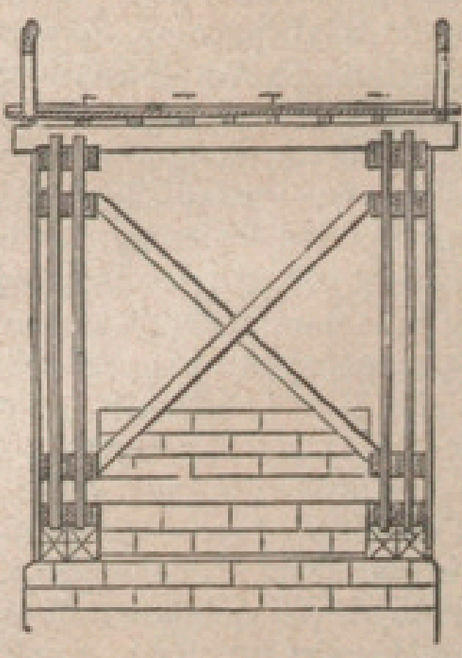
L'établissement des planchers au-dessus des fermes, soit pour les voitures, soit pour les chemins de fer, ne présente pas plus de difficultés. Les fig. 2144 à 2147 suffiront pour faire comprendre les dispositions adoptées. On est obligé dans ce cas d'établir un garde-corps de chaque côté du pont.

On place souvent le plancher des ponts à treillage à 0m,90 ou 1m,00 au-dessous de la partie supérieure des fermes, qui font alors elles-mêmes fonction de garde-corps, comme on le voit par la coupe, fig. 2148. Les poutrelles sont alors supportées par un cours de moises intermédiaires fixées à cet effet dans le treillage. Cette disposition est fort bonne; elle s'applique surtout très bien aux ponts de 20 à 30 mètres d'ouverture, c'est-à-dire au plus grand nombre. Quand on adopte cette disposition, on recouvre les deux moises supérieures d'un

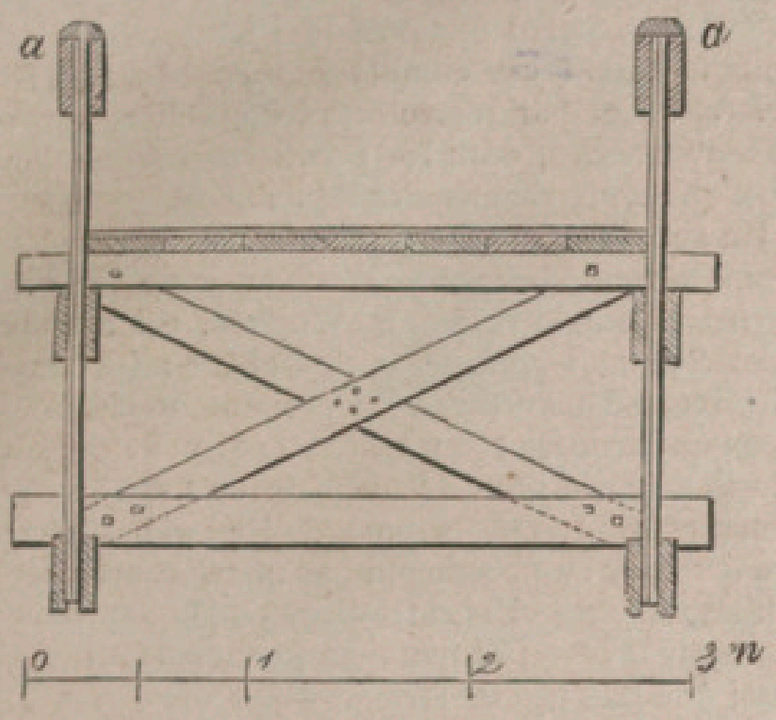




2146

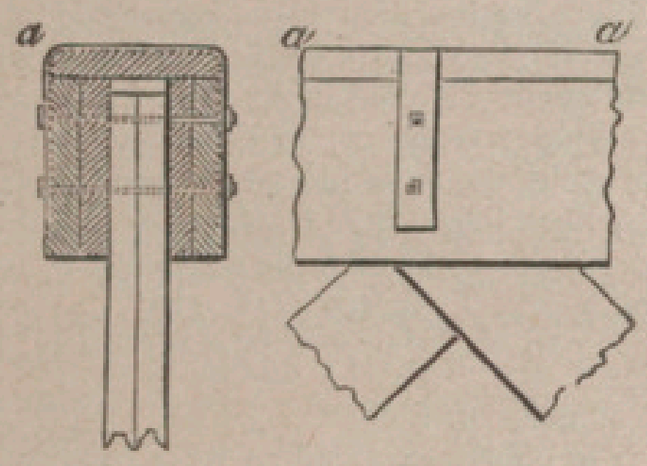


2147.



2148.

chapeau en bois *a*, fixé avec des clous à tête perdues, ou mieux avec des étriers en fer, noyés dans l'épaisseur du bois, et fortement boulonnés avec les moises et le treillage, comme l'indiquent les fig. 2149 et 2150, qui



2150. 2149.

représentent à une grande échelle cet ajustement, de sorte que le chapeau concourt pour sa part à augmenter la force du système des moises.

Les ponts de service établis parallèlement à la tête d'un pont de pierre en construction, ne doivent pas avoir de garde-corps du côté où l'on décharge les matériaux. A cet effet, on donne à la ferme placée de ce côté une hauteur moins considérable que celle placée de l'autre côté, de sorte que les poutrelles transversales s'appuient sur les moises supérieures de l'une des ferrures et sur les moises intermédiaires de l'autre.

L'emploi d'un cours de moises intermédiaires est assez coûteux et n'ajoute presque rien à la résistance de la ferme, puisqu'il est ordinairement très rapproché de la *fibre neutre*. On pourrait facilement le supprimer et faire porter les poutrelles transversales sur les croisillons eux-mêmes, au moyen d'un petit coussinet triangulaire en fonte.

Dans les ponts d'une certaine importance, les poutrelles transversales sont reliées entre elles par des croix de Saint-André placées sous le plancher, et destinées à augmenter la résistance de la charpente dans le sens transversal.

Il importe quelquefois beaucoup de réduire autant que possible la distance entre le dessous d'un pont et le dessus du tablier. Dans ce cas, on ne pose pas les poutrelles *sur* le cours de moises inférieures, mais on les suspend *au-dessous* au moyen d'étriers en fer, et on diminue d'ailleurs, si cela est nécessaire, par les artifices ordinaires, l'épaisseur totale du tablier.

Les tabliers des ponts de bois ou de métal présentent souvent, en Angleterre, une disposition que l'on commence à employer en France, et que nous croyons utile de faire connaître. Au lieu de faire rouler les voitures sur le bois du platelage, on recouvre celui-ci d'une

couche de goudron, de bitume ou d'asphalte, et on établit ensuite dessus une chaussée en pierres cassées. Les bois se trouvent ainsi préservés de l'humidité et du frottement qui les use si rapidement.

Contreventement. Les fermes en charpente dont nous venons d'indiquer la construction ont une résistance énorme dans le sens vertical ; mais on doit assurer que ne présentant presque pas de rigidité dans le sens horizontal, leur tendance à se déverser est très forte, et que leur contreventement exige, par conséquent, un soin tout particulier.

Quand le tablier est supporté par le cours de moises inférieures et que les fermes sont peu larges, on peut se contenter de contre-buter (fig. 2142 et 2143) le cours de moises supérieures par des contre-fiches inclinées à 45°, et assemblées avec quelques-unes des pièces de pont convenablement prolongées.

La méthode précédente serait insuffisante pour les ponts à tablier inférieur et à fermes d'une certaine hauteur. On établit alors sur tout l'ouvrage une toiture qui conserve les bois en les préservant des intempéries, et qui établit en même temps une solidarité suffisante entre les deux grandes fermes.

Le contreventement des ponts dans lesquels le tablier est établi, au-dessus des fermes, ou à la hauteur d'un cours de moises intermédiaires, est à la fois plus facile et plus complet que celui des ponts à tablier inférieur, parce que n'étant plus obligé de laisser libre l'intervalle des fermes, on peut y disposer à son gré différentes pièces de charpente. On établit alors sur le cours de moises inférieures une série de poutrelles ou de moises transversales, reliées aux pièces de ponts, placées au-dessus, par des croix de Saint-André verticales, comme le représentent les coupes en travers des figures 2145, 2147 et 2148. Enfin, pour augmenter encore la résistance dans le sens horizontal, on établit encore entre les poutrelles inférieures une série de croix de Saint-André. De sorte que le pont, formé en dernière analyse de quatre systèmes d'assemblages doués chacun d'une grande rigidité dans le sens de sa dimension transversale, oppose à toutes les forces qui peuvent le solliciter une résistance suffisante.

Les ponts en charpente construits sur les chemins de halage présentent presque tous, comme on sait, après un temps plus ou moins long de service, une forte convexité du côté de la rive principale. Cette flexion est produite par l'action continue des cordes au moyen desquelles les chevaux tirent les bateaux. Nous avons adopté, pour nous opposer à cette action, sur des ponts à treillage de 20 mètres d'ouverture, projetés pour un service de navigation, un système de contreventement un peu différent de ceux que nous venons de décrire. Le tablier de nos ponts est établi à peu près aux deux tiers de la hauteur des treillis, et nous plaçons au-dessous de ce tablier, et dans un plan horizontal, une véritable ferme de toiture dont les arbalétriers sont fortement contre-butés aux extrémités de notre pont, de sorte que toute la force des assemblages s'oppose à la courbure que la traction des bateaux tendrait à donner au pont.

Levage. Les bois des croisillons sont assemblés à plat sur les chantiers, ainsi que les différentes parties des fermes. On démonte la charpente en laissant le treillage assemblé par panneaux de quelques mètres de longueur, puis on remonte les fermes sur place au moyen de quelques points d'appui, pris soit sur des bateaux amenés contre les piles, soit sur de légers échafaudages. Les fermes mises en place, le montage du pont ne présente plus de difficultés; on place les pièces de pont, le plancher et le système de contreventage.

La simplicité de la construction des ponts à treillage permet de les exécuter très-vite. Pourvu que l'on ait assez de scieurs de long, et quelques charpentiers qui

n'ont que des trous à percer, puisqu'il n'y a aucune entaille ni sur les croisillons, ni sur les moises, le travail avance sans difficulté. On peut sans peine construire et élever en vingt ou trente jours un pont d'une centaine de mètres de longueur.

Les ponts provisoires, construits dans le système de M. Town, sont ordinairement établis sur des palées en charpente de formes plus ou moins compliquées, suivant l'importance du pont et la nature du sol. On doit, dans tous les cas, prolonger assez les pieux pour pouvoir les boulonner fortement avec les différents cours de moises des fermes principales, comme on le voit en P, fig. 2142. Cette disposition offre l'avantage d'encastrer, pour ainsi dire, le pont, et de lui procurer par conséquent une résistance plus grande que s'il était simplement posé sur la palée, et de plus d'augmenter la résistance des fermes au déversement, en leur donnant des points d'attache invariables.

Les culées en maçonnerie des ponts américains n'ont à résister à aucune poussée horizontale, ce qui permet de leur donner une grande légèreté ; mais elles doivent présenter chacune une espèce de chambre d'un ou deux mètres de profondeur, dans lesquelles sont encastrées, autant que possible, les extrémités des fermes. Quelques ingénieurs fixent même le pont sur la culée, au moyen de longs tirants verticaux en fer engagés dans les maçonneries inférieures. Quant aux piles, il suffit de calculer leur section, de manière à ce qu'elles puissent résister à la pression verticale du poids qu'elles doivent supporter, puisqu'elles n'ont aucune poussée horizontale à éprouver.

Nous devons ici mettre en garde contre l'idée de quelques charpentiers, qui, en montant les fermes d'un pont américain, leur ont donné une légère courbure dans le plan vertical. Cette disposition augmente la longueur des moises supérieures, qui tendent à se raccourcir, et les oblige à se voiler et à prendre une forme plus ou moins ondulée aussi nuisible au bon effet qu'à la solidité de l'ouvrage.

Prix d'établissement. Les ponts que nous venons d'étudier sont, comme on a pu le remarquer, d'une exécution très facile et très prompte ; ils n'exigent que des bois de petites dimensions, et présentent une grande solidité. Les bois employés à la construction de ponts provisoires de ce système ne perdent presque rien de leurs valeurs, puisqu'ils ne sont nullement entaillés, mais seulement percés de quelques trous. Comme ponts fixes, ils ne sont pas moins bons : ils peuvent être établis sur des maçonneries très légères, et par suite peu coûteuses ; les réparations peuvent se faire sans interrompre la circulation ; avantage que l'on ne saurait trop apprécier, surtout pour les chemins de fer, et le pont tout entier peut être renouvelé, pièce par pièce, sans que la sécurité soit jamais ébranlée. Ajoutons enfin aux avantages que nous venons d'énumérer que les ponts de M. Town sont les plus économiques que l'on connaisse, et on pensera, comme nous le disions en commençant, qu'ils sont destinés à devenir d'un emploi de plus en plus fréquent, et à remplacer la plupart des autres ponts en charpente,

M. Town estime que le bois coûtant 22 fr. 60 c. à 27 fr. 12 c. le mètre cube, valeur moyenne en Amérique, le prix du mètre courant de pont serait de 175 à 227 fr. pour les ouvertures de 20 à 30 mètres, et de 262 à 437 francs pour les ouvertures de 35 à 60 mètres.

Dans la vallée du Rhône, en France, où les bois de sapin valent environ 50 fr. le mètre cube, les ponts à treillage reviendraient environ, d'après M. Garella, de 32 à 35 fr. non compris les supports, et à 60 fr. y compris les palées, par mètre carré de tablier. Pour faire apprécier la modicité de ce prix, nous dirons seulement que les ponts suspendus de Beaucaire, Serrières et Valence, construits sur le Rhône par M. Chaley, dont le talent est connu, ont coûté 123-118,50 et 107 fr. 99 c. par mètre carré de tablier, non compris les maçonneries, dont les prix sont presque doubles de ceux que nous venons d'indiquer.

Un simple rapprochement suffira pour compléter cette comparaison. Le pont du chemin de fer de Saint-Germain, sur la Seine, à Asnières, est à trois voies ; il est construit presque tout en chêne ; les travées ont 30 mètres d'ouverture. En prenant les 2/3 des matériaux qu'il contient, on trouve que, pour deux voies, il aurait dépensé $5^{m.c.},19$ de bois et $83^{k.},36$ de fer par mètre courant. Or, le pont de Richmond ne renferme que $3^{m.c.},56$ de bois de pin par mètre courant et à peine 1 kilogr. de fer. Un autre pont, beaucoup plus massif, en contient $5^{m.c.},47$ par mètre courant, et ne renferme aussi que très peu de fer.

Calcul de la résistance des fermes. Le soin avec lequel nous avons rapporté toutes les dimensions des ponts que nous avons pris pour exemples permetterait à tout le monde de faire exécuter des ponts à treillage convenablement proportionnés. Nous croyons cependant devoir, en terminant, indiquer la marche ordinairement suivie pour calculer la résistance des constructions de cette nature. L'expression analytique exacte de la force des ponts de M. Town n'est pas encore connue. On se contente seulement de considérer chaque ferme comme un solide évidé, reposant sur des appuis, et composé simplement des cours de moises horizontales supposées invariablement liées entre elles, et on calcule la résistance au moyen de la formule ordinaire :

$$2P = \frac{Re\,(H^3 - h^3)}{3Hl}$$

Dans laquelle on a :

$2P$ = le poids, exprimé en kilogrammes, que l'on peut faire supposer à la ferme ;

l = la demi-ouverture de la travée en mètres ;

H = la hauteur totale de la ferme ;

h = la distance des moises ;

e = l'épaisseur des deux moises réunies ;

R = un coefficient constant, qui ne doit pas, en pratique, dépasser 600.000 kilogrammes pour le bois de sapin et 500.000 pour le bois de chêne.

Faisons une application numérique de cette formule pour bien faire comprendre son emploi, à la passerelle du Rhône (fig. 2142) construite, comme nous l'avons dit, par M. Garella. En se reportant aux dimensions indiquées ci-dessus, on voit que l'on a, dans ce cas : $l = \frac{27,96}{2} = 13,98$, $H = 1^m,70$, $h = 1^m,20$, $e = 4 \times 0,05 = 0,20$, en supposant les deux fermes réunies La formule devient donc :

$$2P = \frac{600000 \times 0,20 \times (4,913 - 1,728)}{3 \times 1,70 \times 13,98} = 5369^k.$$

Un poids uniformément réparti sur tout le pont pourrait être le double, c'est-à-dire de 10.738 kilogr.

Cette méthode de calcul est évidemment incomplète, puisqu'on ne tient pas compte de la rigidité propre du système des croisillons, dont la valeur n'est certainement pas négligeable, et que, d'un autre côté, on suppose le pont simplement posé sur ses appuis, tandis qu'il est toujours plus ou moins encastré.

Ces différentes causes d'erreur n'ont pas en pratique de bien graves inconvénients, puisqu'elles n'exposent qu'à donner aux bois de trop fortes dimensions. Il serait cependant utile d'avoir des formules sinon exactes, au moins plus complètes que celles que nous venons d'indiquer, et qui sont aujourd'hui les seules employées par les ingénieurs. La théorie mathématique de la distribution des forces, dans les différentes parties d'une ferme en treillage, serait certainement très difficile à

établir, de sorte qu'il n'y a pas lieu de chercher à déterminer *à priori* par le calcul les dimensions des différentes pièces d'une ferme. Mais il serait, je crois, assez facile d'obtenir, comme je vais l'expliquer, des formules empiriques très-précieuses dans la pratique.

Le treillage présente par lui-même une certaine résistance, que l'on peut évidemment assimiler à celle d'une planche, sans solution de continuité et des mêmes dimensions que lui-même, mais pour laquelle le coefficient de résistance R aurait une certaine valeur dépendant de la nature des ajustages, etc. Cette valeur une fois déterminée pour chaque espèce de treillis, on conçoit qu'il serait facile d'avoir la formule qui donnerait la véritable résistance de la ferme. Ce serait une méthode suffisante pour les applications pratiques. (Voy. SERRURERIE, la théorie des ponts en treillis pour les constructions en fer, qui résulte des derniers travaux des savants.)

Signalons enfin une conséquence assez importante déduite des observations précédentes. Si, en effet, le treillis a par lui-même une résistance propre qui permette d'assimiler les fermes des ponts américains à une pièce dont la section aurait la forme d'un double T, on peut économiser les matériaux sans perdre de force, en écartant de plus en plus les croisillons, à partir du milieu de la travée, de manière à donner aux différents points de la ferme une résistance variable analogue à celle des solides d'égale résistance.

HERVÉ MANGON.

PORCELAINE. Voyez POTERIE.

PORCHERIE. Sous ce titre nous allons faire aussi brièvement que possible, mais sans omettre aucun détail important, la zootechnie des cochons exploités dans les fermes ou dans l'industrie agricole sous le nom de porcs. Nous exposerons d'abord ce qui concerne leurs fonctions économiques, puis leur zoologie ou leurs fonctions physiologiques et leur classification, enfin les conditions d'habitation, de multiplication et d'alimentation qui permettent de porter ces fonctions économiques au maximum de rendement. L'article *Nutrition des animaux*, dans lequel se trouvent développées les généralités du sujet et auquel le lecteur voudra bien se reporter pour ce qui les concerne, abrégera beaucoup notre tache.

FONCTIONS ÉCONOMIQUES DES PORCS.

Les porcs sont des animaux exclusivement comestibles ou alimentaires. Ils ne rendent aucun service durant leur vie. Les fonctions économiques qu'ils remplissent ont donc pour unique objet d'élaborer ou de fabriquer des matières qu'ils livrent après leur mort. Mais ces matières ont une utilité telle et leur abondance est tellement grande, elles sont produites avec une rapidité relative si remarquable et par la transformation de matières premières d'une si faible valeur commerciale, pour la plupart, ces matières étant des résidus qui, en l'absence des porcs, resteraient sans emploi, qu'on ne se trompe point en considérant les cochons comme les plus importants des animaux domestiques. Du reste, il est aujourd'hui bien établi que leur domestication a précédé celle de tous les autres. On retrouve leurs débris osseux à l'aurore de la première civilisation, dès l'âge de la pierre polie, dans le sol des habitations humaines, à dater du moment où les populations ont cessé de vivre exclusivement de leur chasse. Encore à présent ils fournissent, sur toute la surface du globe, la principale nourriture animale à ces populations dont bon nombre n'en consomment point d'autre. Nul animal domestique n'est d'un usage aussi général. On le rencontre à tous les degrés de l'échelle sociale, auxquels il s'accommode et se plie merveilleusement, depuis le plus petit ménage pauvre jusqu'à l'exploitation agricole ou industrielle la plus riche et la plus avancée, où il donne lieu à des modes divers de production.

Pour analyser complétement la fonction économique générale que nous venons de caractériser, il convient d'y introduire une distinction. Le porc fournit à la consommation à la fois de la chair et de la graisse, du lard, du saindoux et de la viande, en outre des poils ou soies de sa peau qui sont employés dans l'industrie. Dans l'économie domestique, surtout dans celle des petits ménages ruraux, la viande proprement dite et le lard, ou cette couche de graisse située immédiatement sous la peau, se confondent et sont consommés simultanément sous forme de salé, de lard séché ou fumé. Lorsque, au contraire, le porc passe par l'intermédiaire de l'industrie de la charcuterie, chacune des parties de l'animal a son emploi particulier et spécial. En tout cas, d'ailleurs, rien en lui ne reste inutilisé; il n'y a pour ainsi dire pas de déchet: les intestins, le sang, les viscères de toute sorte sont consommés ou employés à des usages industriels.

Il y a là pour l'exploitation des porcs des indications précieuses, sur lesquelles l'attention des auteurs ne s'est pas suffisamment arrêtée, au point de vue des aptitudes à développer, selon le genre de débouché que rencontre la production.

En effet, lorsque la chair du porc doit être conservée par des procédés de salaison ou de dessiccation, lorsqu'elle doit servir à la fabrication des jambons, l'excès de graisse qui l'accompagne devient un empêchement grave. Lors même que la graisse n'y est pas en excès, il suffit qu'elle manque de consistance ou que le lard manque de fermeté, selon l'expression technique, pour qu'elle s'imprègne difficilement du sel et subisse bientôt l'altération connue sous le nom de rancissement. Les sujets dits améliorés ou perfectionnés, dont l'aptitude prédominante est d'accumuler de la graisse plutôt que de développer leurs masses musculaires, sont donc, beaucoup moins que les autres, propres aux usages économiques dont il s'agit, c'est-à-dire à la préparation des conserves de viande de porc, et les ménages ruraux, instruits par l'expérience, les repoussent pour ce motif.

Pour la préparation de la charcuterie, au contraire, dont les produits se consomment dans les villes à l'état frais et dont le saindoux est un des plus appréciés et des plus chers, relativement, les conditions sont différentes. Ce qui importe avant tout pour le producteur, c'est de livrer au commerce dans le moins de temps possible la plus forte somme de poids vif, sans se préoccuper d'un rapport quelconque entre la chair et la graisse fabriquée. En vue d'un tel débouché, l'industrie zootechnique dont nous nous occupons a ses coudées franches, et il n'y en a certainement pas d'autre qui puisse rivaliser avec celle-là pour la rapidité de la production. Nul animal, parmi les domestiques, n'a individuellement un développement aussi rapide, et nulle espèce ne jouit d'une plus grande fécondité; nulle non plus ne peut mettre en valeur une alimentation aussi variée, car il n'y en a point qui soit omnivore comme l'est celle du cochon, qui puisse comme elle consommer à la fois des matières animales et des matières végétales et les utiliser, ensemble ou séparément, à un aussi haut degré.

Ces considérations, qui ont été trop souvent laissées de côté, doivent dominer l'industrie zootechnique en question. Elles montrent que les conditions de progrès de cette industrie ne peuvent pas être envisagées d'une façon absolue, et que, pour atteindre le but, qui est le plus fort bénéfice possible, le choix des aptitudes à développer chez l'espèce exploitée est commandé par l'un ou l'autre des débouchés ouverts à la production et en vue desquels il y a lieu de travailler. Lorsque les seuls acheteurs possibles sont les paysans qui nourrissent des cochons pour le saloir, afin d'avoir en provision des morceaux de lard salé pour la soupe du dimanche, la production des espèces précoces, principalement aptes à l'accumulation de la graisse serait une faute, parce que ces espèces ne sont point recherchées par de tels acheteurs, dont le sys-

tème de culture ne se prête d'ailleurs point à leur bon entretien. Elles ne sont avantageuses à produire que dans le cas où la proximité d'une grande ville, ou bien des communications faciles avec un grand marché permettent de livrer leurs produits au commerce qui traite avec les charcutiers. Beaucoup d'écoles ont été faites à cet égard dans les premiers temps de la propagande en faveur des races dites perfectionnées. Les sectateurs ardents, mais insuffisamment réfléchis, du progrès ont ainsi produit de la marchandise qui ne trouvait point preneur, pour avoir négligé de tenir compte des conditions économiques qui s'imposent à toute industrie. Ils ont appris à leurs dépens que ces conditions ne sont jamais méconnues impunément. Il faut que ceux qui entrent dans la carrière se tiennent pour avertis et évitent des écoles semblables. C'est pourquoi nous avons insisté ici en commençant sur les fonctions économiques diverses des animaux dont nous avons pour objets d'enseigner les méthodes de production.

ZOOLOGIE DES PORCS.

Dans la classification naturelle, les porcs ou cochons domestiques appartiennent au genre *Sus* ou des *Suidés*, dans lequel ils forment un groupe distinct, caractérisé par la présence de quatre doigts à chacun des pieds, de six incisives, de deux crochets et de quatorze molaires tuberculeuses à chaque mâchoire, d'un *groin* où sont percées les narines, ayant pour base un petit os, et de poils roides appelés soies sur la peau.

Les déterminations classiques des espèces du groupe des cochons proprement dits, dans le genre *Sus*, laissent beaucoup à désirer. Les zoologistes considèrent encore généralement, par exemple, le sanglier d'Europe (*Sus scrofa*) comme ayant été la souche de tous nos porcs. Nous avons cependant montré, depuis plusieurs années déjà, l'impossibilité pour ceux-ci d'une telle origine. En effet, nous avons établi qu'indépendamment des différences très-nettes des formes crâniologiques, qui suffiraient, il y a des différences dans le nombre des vertèbres du rachis. Une telle dérivation serait donc en contradiction avec les lois connues de l'hérédité. Et comme on n'a jamais constaté aucune variation durable dans le nombre des pièces du rachis chez une espèce quelconque, il n'est pas permis d'admettre, notamment, que nos porcs d'Europe, qui ont six vertèbres dans la région lombaire du rachis, puissent être issus du sanglier qui n'en a que cinq, avec le même nombre de dorsales que celui dont ces porcs sont également pourvus.

Les cochons domestiques que nous exploitons en Europe appartiennent donc à des espèces primitivement distinctes, au même titre que l'est celle du sanglier. Elles n'ont avec celui-ci aucun degré de parenté physiologique. Leurs relations sont de l'ordre purement anatomique, comme toutes celles qui existent entre les espèces d'un même genre naturel. Des expériences en cours d'exécution sembleraient même devoir conduire à la preuve que l'accouplement de l'une au moins de ces espèces avec celle du sanglier a pour conséquence la production d'individus inféconds ou hybrides. Ceci dit toutefois sous la réserve d'une plus longue attente confirmative du résultat constaté jusqu'à présent, mais qui ne peut d'ailleurs, quel qu'il puisse être, avoir aucune influence sur la distinction des espèces, fondée uniquement sur la différence des caractères anatomiques du squelette.

Toutes nos races porcines sont de trois espèces seulement, faciles à distinguer par les caractères que nous allons indiquer sommairement. Dans ces trois espèces de races il s'est formé, sous l'influence des milieux, de nombreuses variétés que les éleveurs qualifient abusivement de races. Parmi ces prétendues races il y a des familles métisses, chez lesquelles on reconnaît sans peine l'existence simultanée ou le mélange à tous les degrès possibles des trois types naturels de race ou espèces qui seuls sont réels et qui se reproduisent en vertu de la loi naturelle de réversion. C'est ce qui se fait observer surtout dans les populations porcines de l'Angleterre, où l'on a poussé le plus loin l'abus des désignations arbitraires. Un auteur français incompétent en a mentionné pour l'Europe jusqu'à quatre-vingt-douze. Nous le répétons: il n'y en a réellement que trois, on ne peut plus faciles à reconnaître à première vue, ce qui n'est pas indifférent pour les opérations de reproduction, où il y a lieu de se mettre avant tout en garde contre l'inflexibilité des lois de l'hérédité.

Pour les nécessités de la pratique courante, ces trois races spécifiques sont suffisamment caractérisées par les formes de la tête, dont nous nous bornerons ici à indiquer les principales, sans entrer dans une description crâniologique complète. Les noms sous lesquels nous les désignons sont tirés de leurs aires géographiques.

La première est celle de l'Europe occidentale. Ses représentants ont occupé de temps immémorial la Gaule celtique, comprenant, comme on sait, ce qui est aujourd'hui la France septentrionale, les Iles britanniques, la Belgique, les Pays-Bas et une partie de l'Allemagne. C'est la race celtique (*sus celticus*), caractérisée par sa tête allongée, à profil formant un angle presque droit au niveau des yeux, et par ses oreilles larges et pendantes de chaque côté de la face.

La deuxième est celle de l'Europe méridionale, occupant la France au sud de la Loire, l'Espagne, l'Italie, la Grèce, les bords du Danube, la Hongrie et le Nord de l'Afrique. C'est la race ibérique (*sus ibericus*), caractérisée par sa tête également allongée, mais à profil courbe suivant un arc rentrant et par ses oreilles étroites, allongées et dirigées horizontalement en avant.

La troisième est celle de l'Asie centrale, exploitée surtout maintenant dans l'extrême Orient, en Chine, à Siam et au Japon et introduite en Europe sous le nom de race chinoise ou de Tonking. C'est la race asiatique (*sus asiaticus*), caractérisée par sa tête large à face extrêmement courte et à profil formant un angle droit et par ses oreilles petites et dressées.

La race celtique a le corps très-long ; l'ibérique l'a moyen et l'asiatique l'a toujours très-court, ce qui tient surtout au moindre nombre de ses vertèbres. Les deux dernières, à leur état de pureté, ont la peau et les soies généralement noires. La première les a toujours blanches ou jaunâtres. Les variations à cet égard indiquent sûrement un croisement antérieur.

Les autres formes du corps, chez ces trois races, dépendent uniquement des influences extrinsèques et pour la plus forte part des conditions d'alimentation. Il n'y a donc pas lieu de s'en occuper au point de vue zoologique.

Elles sont essentielles, au contraire, au point de vue zootechnique, et nous nous y arrêterons quand nous parlerons de leur reproduction.

Quant aux familles métisses, auxquelles on donne improprement le nom de races, elles sont nombreuses surtout en Angleterre, où les éleveurs les divisent en deux groupes : celui des petites races et celui des grandes races. Dans le premier on range les prétendues races Middlesex, de Windsor, New-Leicester, Coleshill, Berkshire, Hampshire, Essex; dans le second, celles du Yorkshire. Toutes ces familles proviennent de croisements opérés, depuis le commencement de ce siècle, entre les variétés britanniques de la race celtique autochtone et les variétés napolitaine de la race ibérique et chinoise ou siamoise de la race asiatique. Aussi sont-elles en état de variabilité désordonnée et présentent-elles dans leur population, dans des proportions diverses, les trois espèces naturelles qui ont contribué à leur formation. C'est le type asiatique qui a toutefois fini par prédominer chez celles qui sont qualifiées de petites races, telles que la Middlesex, la New-Leicester, l'Essex, etc.; l'ibérique chez la Berkshire et la Hampshire ; le celtique chez celle du

Yorkshire. On trouve dans ce fait incontestable l'une des preuves expérimentales les plus solides en faveur de la loi de réversion, qui atteste indirectement la fixité inébranlable des espèces naturelles et démontre pour nous l'impossibilité de créer des races nouvelles à l'aide des méthodes zootechniques dont nous disposons, celles-ci nous donnant seulement le pouvoir de développer et de perfectionner dans le sens de notre utilité les aptitudes des races naturelles.

Les familles métisses anglaises fournissent à cet égard des exemples remarquables de la grande étendue de la puissance de ces méthodes. Elles sont arrivées au plus haut degré de la précocité, et nous verrons plus loin le parti qu'il y a lieu d'en tirer, à ce titre, pour l'exploitation de nos propres variétés.

HABITATION DES PORCS.

Les cochons redoutent surtout la chaleur et la sécheresse. Livrés à leurs instincts, ils recherchent les lieux frais et humides. Quand ils vivent en liberté, ils se retirent volontiers sous le couvert des bois, dont ils ne sortent que les jours sans soleil ardent, et non pas seulement parce qu'ils y trouvent la glandée dont ils sont très-friands. Cette particularité de leur physiologie doit inspirer avant tout les dispositions de leur habitation à l'état domestique. Pour que leur hygiène reste bonne, ils doivent vivre constamment dans un air pur et frais, avec de l'eau à leur disposition pour s'y baigner au temps de la saison des grandes chaleurs. Sans cela, ils sont décimés par une maladie du sang vulgairement connue sous le nom de maladie rouge.

Les dispositions architecturales de la porcherie peuvent varier, selon celles des lieux sur lesquels elle doit être construite ; mais la préférable consiste à établir des séries de loges ouvrant sur une cour au centre de laquelle se trouve un bassin plein d'eau, à rives en pente et d'un facile accès. Un couloir placé entre la paroi postérieure des loges, élevée seulement à hauteur d'appui, et le mur de fond du bâtiment, couloir qui communique avec la cuisine de la porcherie, permet de distribuer, sans déranger les cochons, la nourriture dans les auges. Celles-ci sont placées au bas d'une lucarne percée dans cette paroi postérieure et pourvue d'une portière oscillante à l'aide de laquelle l'auge peut être close soit en dedans, soit en dehors de la loge. L'auge est close en dedans pendant la distribution des aliments.

La capacité des loges varie selon qu'il s'agit d'une porcherie d'élevage ou d'une porcherie d'engraissement. Dans la première, ces loges doivent être disposées avec des dimensions différentes, selon qu'il s'agit de les faire habiter par les femelles mères ou truies portières, avec leurs jeunes cochons ou cochonnets, par les jeunes cochons sevrés, par les cochons d'un an ou par les mâles ou verrats. Ces dimensions varient aussi selon que les animaux appartiennent aux grandes ou bien aux petites races. Dans la porcherie d'engraissement, les loges peuvent être uniformes, tous les animaux étant dans les mêmes conditions. Voici pour tous les cas des indications en nombres :

	Longueur.	Largeur.
Pour une truie portière.	1m,75 à 2 mètres.	1m,80 à 2m,10.
« 6 à 12 cochonnets.	2m,50,	2 mètres.
« 3 porcs sevrés . .	2 mètres,	2 mètres.
« 2 porcs à l'engrais.	1m,75,	2 mètres.
« 1 verrat	2 mètres,	1m,50.
« 1 porc à l'engrais.	1m,30,	1m,20.

Ces dimensions donnent l'espace superficiel suffisant pour que les animaux soient logés à l'aise et puissent se développer, s'entretenir ou s'engraisser dans les meilleures conditions. On comprend sans peine qu'une truie qui allaite ses cochonnets, dont le nombre dépasse souvent douze, ait besoin d'une habitation spacieuse pour ne pas risquer d'en écraser quelques-uns en se couchant dessus dans les premiers jours qui suivent leur naissance, alors qu'ils ne sont pas encore assez forts pour se garer. Les jeunes, habitués à vivre ensemble, ne peuvent pas être séparés trop tôt sans inconvénient. Il faut les diviser par groupes en uniformisant autant que possible leur force, afin que, mangeant à la même auge, les plus faibles ne soient point frustrés par les plus forts. Quant aux porcs à l'engrais, le mieux est de les isoler, mais on peut sans inconvénient très-sensible les loger par deux, afin d'économiser les frais d'habitation et de main-d'œuvre.

A cet égard, nous recommandons la plus grande économie possible dans la construction des habitations. Tout luxe superflu doit en être banni. Il faut viser seulement à la solidité et à la propreté qui, contrairement au préjugé répandu sur les instincts du cochon, lui est très-salutaire. On se méprend le plus souvent sur ces instincts, parce qu'on voit l'animal rechercher même la fange pour s'y vautrer. Cela n'indique de sa part que le besoin irrésistible de la fraîcheur. Lorsqu'il a à sa disposition à la fois une masse d'eau propre et limpide et un cloaque infect, ce n'est point ce dernier qu'il choisit de préférence. A la condition que soient assurées dans les habitations des animaux de produit, en général, la solidité, la salubrité et la commodité du service, moins on immobilise de capital dans leur construction, mieux cela vaut, parce que l'intérêt et l'amortissement de ce capital diminuent d'autant les bénéfices qu'on en retire.

Nous n'avons pas à entrer ici dans les détails de la construction, qui concernent l'art de l'architecte. L'espace dont nous disposons ne le permettrait d'ailleurs pas. Il faut s'en tenir aux indications purement zootechniques, qui doivent servir de bases pour les dispositions à adopter dans l'établissement d'une porcherie bien construite, en vue de la meilleure exploitation des animaux dont nous nous occupons.

MULTIPLICATION DES PORCS.

La gestation de la truie dure environ quatre mois. Sa première portée ne dépasse guère ordinairement le nombre de six petits ; mais ce nombre augmente dans les portées suivantes, et il va, pour quelques femelles très-prolifiques, jusqu'à dix-huit et même vingt. Le nombre moyen est de dix à douze. La truie fait en général deux portées de cochonnets par an. Il n'est pas très-rare d'en rencontrer qui en font trois, l'instinct génésique se manifestant chez elles aussitôt après leur mise bas.

On voit par là combien est grande la fécondité de l'espèce chez les cochons, et avec quelle rapidité ils se multiplient. On voit aussi comment leur mode de reproduction est favorable à l'exploitation de l'industrie dont ils peuvent être l'objet. Une truie portière suffisamment prolifique peut fournir par année en moyenne 20 cochonnets, dont la valeur au sevrage varie beaucoup selon les circonstances commerciales, mais ne descend guère, dans les plus bas cours, au dessous de 10 francs et atteint souvent jusqu'à 25 francs, soit en moyenne une valeur de 15 fr., ou un produit brut total de 300 fr. Or, la valeur moyenne d'une jeune truie pouvant être tout de suite livrée à la reproduction ne dépasse pas 80 à 100 francs, si belle qu'elle soit. Le revenu annuel brut est donc de trois fois la valeur du capital engagé. C'est pourquoi la multiplication des porcs est à juste titre considérée comme l'une des industries zootechniques les plus profitables.

Dans le choix des reproducteurs, pour la multiplication des cochons, on emploie les deux méthodes de la sélection zoologique et du croisement, selon le but économique de la production et conformément aux principes posés au commencement de cet article. Dans les deux cas il y a lieu toujours en outre de s'occuper de la sélection individuelle ou zootechnique, en vue de multiplier les qualités ou les aptitudes les plus propres à fournir le

produit le plus recherché et le plus estimé par les acheteurs. Les individus des deux sexes dont la conformation assure le rendement le plus élevé, ceux qui ont le corps le plus allongé eu égard à la hauteur et au volume de leurs membres, ceux qui, dans leur espèce, ont la tête la moins grosse, indice d'un squelette réduit à son moindre poids, doivent être toujours préférés. La grande fécondité, du côté de la femelle, et la grande faculté prolifique, du côté du mâle, sont aussi évidemment des qualités à rechercher.

Nos variétés françaises de la race celtique, qui peuplent particulièrement le nord-ouest et l'ouest de la France, et de la race ibérique, qui se trouvent dans le centre, le midi, l'est et le Nord-Est, sont généralement plus prolifiques et plus fécondes que celles de la race asiatique et de ses métis, répandues en Angleterre et plus aptes à la production de la graisse. Aussi est-il permis de se demander si, tout compte fait, il n'y aurait pas plus d'avantage, même pour la multiplication des individus en vue du commerce de la charcuterie, à préférer le croisement de ces variétés françaises avec les variétes anglaises dites perfectionnées, plutôt que la reproduction de celles-ci accouplées entre elles. En vue de la consommation directe dans les ménages ruraux, c'est la sélection zoologique dans ces variétés françaises mêmes qui comptent d'ailleurs aujourd'hui beaucoup d'individus améliorés, chez lesquels la chair et la graisse sont réparties dans des proportions convenables pour fournir d'excellents jambons et un lard de bonne conservation et assaisonnant bien les légumes dans le pot au feu ; dans ces conditions-là c'est à la reproduction de ces variétés à l'état de pureté qu'il y a lieu de s'arrêter. Un tel mode de reproduction aura, en outre, l'avantage de fournir des femelles ou des truies portières pour les croisements dont il vient d'être parlé.

Quel que soit le mode de multiplication auquel on se tienne, les indications pour son exécution restent les mêmes. Le verrat manifeste l'instinct génésique dès l'âge de 8 à 10 mois, quand il a été bien nourri, et dès lors il est apte à se reproduire. Il peut sans inconvénient s'accoupler de 3 à 5 fois par jour, d'autant mieux que sa fonction, lorsque l'industrie est bien conduite, ne doit pas durer plus de deux ans. Le verrat qui atteint trois ans est châtré et engraissé pour être livré à la consommation. La truie, de son côté, est conduite au verrat pour la première fois dès que les signes du rut se manifestent chez elle, ce qui arrive aussi ordinairement vers l'âge de 8 mois. Quand elle n'a pas été fécondée, ces signes se montrent de nouveau après une période d'une vingtaine de jours, et toujours ainsi jusqu'à ce que l'état de gestation en prévienne le retour, qui réapparaît bientôt après la mise-bas. Ces signes sont faciles à saisir par l'inquiétude et l'agitation de la bête, qui ne mange plus avec autant d'appétit, mais surtout par la turgescence et la rougeur de la vulve.

La meilleure façon de faire opérer l'accouplement est d'enfermer ensemble le verrat et la truie dans une petite cour ou dans une loge isolée, loin du bruit et du mouvement. Cet accouplement, pour être fécond, a besoin de durer un certain temps, l'éjaculation du verrat étant lente, en raison de l'absence des vésicules séminales proprement dites.

Le choix du moment le plus favorable pour faire féconder les truies est subordonné aux conditions commerciales de la localité dans laquelle on opère. Il dépend de l'époque à laquelle les jeunes cochons, dans cette localité, rencontrent le débouché le plus avantageux. La durée de la gestation étant connue, il s'agit de faire ses calculs de manière à se mettre en mesure de livrer au commerce, au moment voulu, les jeunes cochons sevrés.

La truie pleine ou en état de gestation doit être l'objet de soins particuliers pour éviter l'avortement qui lui est toujours nuisible, en outre de la perte de temps qu'il occasionne. Sa loge sera pourvue de paille fraîche, surtout vers la fin, et autant que possible cette paille sera courte et fine plutôt que grossière. Lorsque le terme de la gestation est arrivé, on voit la truie rassembler cette paille dans un coin, comme pour préparer son lit de douleur. Bientôt après la parturition a lieu. A mesure que les cochonnets sont expulsés, il est bon de les placer dans une caisse ou dans un panier, afin d'éviter qu'ils soient ou écrasés ou mangés par leur mère, dont l'instinct maternel ne s'éveille qu'après l'expulsion du dernier. Celui-ci sorti, ainsi que les enveloppes fœtales, dites *arrière-faix* ou *délivre*, la litière souillée est remplacée par de la fraîche, puis on place successivement les petits à chacune des mamelles, en ayant soin de mettre les plus vigoureux aux mamelles les mieux développées, chacun d'eux devant toujours se rendre ensuite à la mamelle une fois adoptée, tant que durera l'allaitement. S'il y avait plus de cochonnets que de mamelles, il faudrait sans hésiter sacrifier les plus faibles en excédant, attendu qu'ils seraient voués à une mort certaine par inanition, qui arrive même sans cela, quand ils ne sont pas assez forts pour conquérir leur place à la mamelle maternelle restant d'ailleurs inoccupée, dans la mêlée qui se produit lorsque tous les jeunes se précipitent pour téter.

ALIMENTATION DES PORCS.

Entrer ici dans tous les détails de l'alimentation des cochons, ce serait faire double emploi avec notre article *Nutrition des animaux*, où tout ce qui concerne les principes généraux de cette alimentation se trouve exposé. Nous devons donc renvoyer à cet article pour cela, et nous borner aux indications pratiques spéciales. Commençons par la première alimentation, qui est celle de l'allaitement.

Cet allaitement des gorets doit durer de 6 à 9 semaines, suivant que les mamelles ont plus ou moins d'activité. Tant que les petits se développent bien, que leur poids augmente en moyenne de 250 grammes par jour, on peut le continuer, parce que c'est l'indice d'une suffisante aptitude laitière de la nourrice, et que le lait maternel est toujours le meilleur et le plus complet des aliments pour les jeunes animaux, dont il assure la nutrition parfaite. Mais il est bien rare que la truie puisse, sans épuiser sa constitution, fournir du lait durant trois mois, surtout si toutes ses mamelles sont en activité.

L'allaitement doit donc être l'objet d'une surveillance attentive, qui s'exerce de la façon la plus convenable, parce qu'elle est la plus précise, en pesant fréquemment les nourrissons. Dès que leur accroissement journalier baisse, il faut les sevrer. S'il en est ainsi avant le temps minimum qui vient d'être indiqué, ce n'est pas le sevrage complet qui doit être opéré, c'est un supplément de nourriture qu'il y a lieu d'ajouter au lait maternel. Le meilleur de ces suppléments est celui qui se compose de lait de vache écrémé ou de petit lait mélangé avec un peu de farine d'orge, de seigle, ou d'un tourteau quelconque de graine oléagineuse. Cela est d'autant plus facile que la production des porcelets est ordinairement une industrie annexée à celle de la laiterie, dont elle a pour but de mettre les résidus en valeur.

Pour opérer le sevrage de façon à ce que les gorets n'en subissent aucun temps d'arrêt dans leur développement, ce qui est le point important, il convient d'y procéder en ménageant la transition pendant une semaine au moins, en les laissant d'abord téter deux fois par jour, puis une seule fois, avant que la séparation soit complète. Pendant ce temps on met à leur disposition, dans une loge voisine, à des heures déterminées, les aliments qui doivent définitivement remplacer le lait maternel. Leurs rations sont composées de petit lait mélangé avec des pommes de terre cuites et écrasées, et de grains égrugés ou moulus. Elles doivent être d'abord

très-fluides. La meilleure manière de les leur présenter est de se servir des auges circulaires en fonte présentant autant de séparations rayonnantes qu'il y a de gorets à nourrir. Ces auges se trouvent chez tous les marchands d'instruments agricoles. Elles permettent à tous les animaux d'en approcher commodément et d'y rester sans qu'aucun puisse être frustré de sa nourriture par un voisin. Le nombre de repas en lesquels la ration journalière doit être divisée est réglé par les principes généraux de l'alimentation corrigés dans l'application par l'observation des aptitudes individuelles.

Les jeunes cochons sevrés sont traités diversement selon qu'ils sont destinés à la reproduction ou à l'engraissement. Ces derniers doivent être privés aussitôt que possible des organes essentiels de leur sexe. L'ablation des testicules ou des ovaires est une opération d'autant plus inoffensive qu'elle est pratiquée à une époque plus rapprochée de la naissance. On ne saurait donc la faire exécuter trop tôt. La castration des femelles, à laquelle n'échappent généralement, chez les races porcines, que celles réservées pour la reproduction, est une opération d'une grande simplicité, que les marchands pratiquent eux-mêmes et sans accident sur les marchés. Les jeunes bêtes châtrées n'en subissent aucun trouble apparent.

Lorsque les jeunes porcs doivent aller chercher aux champs une partie de leur nourriture, on a coutume de leur pratiquer une autre opération qui a pour but de les mettre dans l'impossibilité de fouiller le sol trop profondément. Cette opération consiste à leur passer dans le groin un fil ou une petite lame étroite de fer que l'on termine ensuite à chacune de ses extrémités par une boucle. Cette opération est connue sous le nom de *bouclement* ou *bouclage*. Le corps étranger ainsi fixé détermine une douleur chaque fois que l'animal veut introduire son groin dans le sol.

Le porc est, comme nous le savons, omnivore. Ses ressources alimentaires sont par conséquent très-variées. Les aliments les plus usités pour sa nourriture sont : parmi les fourrages verts, le trèfle, la luzerne, la chicorée sauvage, les débris de laitue, les laitrons, les choux, les feuilles de betterave, de carotte, les orties, etc. ; parmi les racines charnues et les tubercules, la betterave, la carotte, le panais, la pomme de terre et le topinambour qu'il peut consommer sur place en économisant l'arrachage, à la condition toutefois qu'il ne soit point bouclé; parmi les fruits, la citrouille, les melons avariés, les pommes, les poires, les prunes, le gland, la faîne, la châtaigne; parmi les résidus, le son, les résidus de brasserie, d'huilerie, de distillerie de grains surtout, d'amidonnerie, de féculerie; parmi les graines, le maïs, l'orge, l'avoine, le seigle, le sarrasin, la fève, le pois; parmi les matières animales, le petit lait, le lait écrémé, le lait de beurre, les débris de cuisine et les eaux de lavage de la vaisselle, enfin les viandes inférieures provenant surtout des clos d'équarrissage. On tend à introduire depuis quelque temps, dans l'alimentation des porcs, une préparation désignée en Allemagne sous le nom de farine de viande (*Fleischmehl*) et qui provient des usines de l'Amérique méridionale où se fabriquent les extraits de viande dits Bouillons Liébig. Un certain nombre d'expériences ont montré que cette préparation ne pouvait être alimentaire qu'à la condition d'y ajouter les sels nutritifs dont la viande a été épuisée, pour la plus forte partie, par sa coction. Après l'addition de ces sels, les résultats obtenus paraissent avoir été favorables toutes les fois que la farine de viande n'a pas dépassé, dans la ration, la proportion compatible avec le maintien d'une bonne relation nutritive.

Comme application des principes posés dans notre article *Nutrition des animaux*, nous allons donner ici quelques exemples de rations pour les diverses saisons et les diverses sortes de cochons à nourrir, en tirant

PORCHERIE.

parti des ressources alimentaires qui viennent d'être indiquées.

RÉGIME D'HIVER.

A. — *Truies portières.*

1re *ration.*	Pommes de terre.	2k,500
	Carottes.	0 ,500
	Eaux grasses.	8 ,000
	Viande cuite.	0 ,250
	Farine d'orge.	0 ,250
2e *ration.*	Pommes de terre.	4k,000
	Citrouille..	0 ,500
	Eaux grasses.	5 ,000
	Farine d'orge.	1 ,000
3e *ration.*	Pommes de terre.	1k,500
	Betteraves.	4 ,000
	Eaux grasses.	7 ,000
	Farine d'orge..	1 ,500
4e *ration.*	Pommes de terre.	4k,000
	Eaux grasses.	5 ,000
	Tourteau..	0 ,300
	Son.	0 ,400
5e *ration.*	Pommes de terre.	3k,000
	Drèche.	3 ,000
	Eaux grasses.	3 ,000
	Son.	0 ,800

B. — *Truies nourrices ou verrats.*

1re *ration.*	Pommes de terre.	3k,000
	Citrouille.	1 ,500
	Petit-lait..	2 ,000
	Eaux grasses.	3 ,000
	Farine d'orge.	1 ,500
2e *ration.*	Pommes de terre.	4k,000
	Drèche.	3 ,000
	Eaux grasses..	7 ,000
	Tourteau..	0 ,300
	Son..	0 ,700
3e *ration.*	Pommes de terre.	5k,000
	Viande cuite et bouillon.	2 ,500
	Eaux grasses.	6 ,000
	Son..	0 ,500
4e *ration.*	Pommes de terre.	2k,000
	Betteraves.	4 ,000
	Eaux grasses.	6 ,000
	Maïs cuit.	1 ,500

RÉGIME D'ÉTÉ.

A. — *Truies portières.*

1re *ration.*	Trèfle vert.	5k,000
	Eaux grasses.	8 ,000
	Son.	1 ,500
2e *ration.*	Ortie.	5k,000
	Viande cuite et bouillon..	2 ,500
	Petit-lait.	3 ,000
	Farine d'orge.	0 ,500
3e *ration.*	Plantes vertes.	5k,000
	Eaux grasses.	6 ,000
	Tourteau..	1 ,000
4e *ration.*	Luzerne verte.	6k,000
	Pommes de terre..	1 ,500
	Eaux grasses..	5 ,000
	Remoulage.	1 ,500

B. — *Truies nourrices ou verrats.*

1re *ration.*	Feuilles de betteraves. . .	6k,000
	Glands.	1 ,000
	Eaux grasses.	6 ,000
	Farine d'orge.	1 ,000
2e *ration.*	Trèfle..	4k,000
	Pommes de terre..	3 ,000
	Petit-lait..	2 ,000
	Eaux grasses..	4 ,000
	Remoulage..	1 ,000

Les modes de préparation des aliments et leur distribution ont été précédemment indiqués dans l'article auquel nous renvoyons. Nous ajouterons seulement ici,

pour terminer, qu'avec une alimentation bien réglée, conformément aux principes scientifiques, on peut fabriquer, par tête de porc et par année, en moyenne 200 kil. de poids vif, correspondant à environ 160 kil. de matières comestibles. On voit par là qu'il n'est aucune machine animale plus active et d'un plus fort rendement pour la subsistance des populations.

ANDRÉ SANSON.

PORPHYRE. Les porphyres sont des roches composées d'une pâte feldspathique avec cristaux de feldspath; il s'y trouve assez fréquemment du quarz, de l'amphibole ou du mica. Ces roches, qui sont très-variées d'agrégation et de couleur, sont généralement très-dures.

PORTE-VOIX. Le porte-voix est un instrument en cuivre laminé ou en tôle de fer très-mince, qui a la forme d'une trompette, et dont on se sert pour se faire entendre de loin; non-seulement il dirige le son, mais encore il l'amplifie.

POTASSE (*angl.* pottash, *all.* kali, pottasche). On désigne sous le nom générique de potasse, dans le commerce, le carbonate neutre de potasse; et on donne le nom de *potasse caustique* à l'hydrate de potasse.

Les principaux centres de production de la potasse sont l'Amérique du nord, la Russie, la Suède, etc. On l'y obtient partout en incinérant des végétaux terrestres, lessivant les cendres produites, évaporant à siccité les lessives et calcinant le résidu. Les diverses parties d'un même végétal sont loin de fournir la même proportion de cendres; l'écorce et les feuilles en donnent toujours beaucoup plus que les branches, les branches plus que le tronc, l'aubier moins que le bois; en général, les plantes ligneuses en donnent moins que les plantes herbacées; néanmoins, les premières sont exclusivement employées en grand pour la fabrication de la potasse. Cette fabrication, du reste, n'a et ne peut avoir lieu que là où il serait impossible de tirer un autre parti du bois, comme on peut aisément s'en convaincre d'après le tableau suivant, qui indique combien est faible la proportion de potasse que l'on retire moyennement des principaux végétaux :

Noms des végétaux.	Proportion de potasse.
Aune	0,0039
Chêne (bois)	0,0015
Chêne (écorce)	0,0150
Hêtre	0,0012 à 0,0015
Charme	0,0013
Peuplier	0,0007
Tilleul	0,0050
Saule	0,0030
Pin	0,0005
Bouleau	0,0016
Sarments de vigne	0,0055
Fougère	0,0060
Chardon	0,0050
Tiges de maïs	0,0180
Ortie	0,0250
Pomme de terre	0,0244
Pavot	0,0360
Angélique	0,0060
Paille de froment	0,0083
Trèfle	0,0008

Nous dirons ici un mot des conséquences tirées de la variation des quantités de potasse qui se rencontrent dans les divers végétaux. Il avait paru naturel d'établir la nécessité de fournir à chaque plante des quantités de potasse indiquées par la nature de leurs cendres, mais l'expérience a montré, pour les pommes de terre et les betteraves, dont les cendres renferment des quantités notables de potasse, que les sels de potasse ne favorisaient pas leur développement.

Il n'est pas impossible d'interpréter ces résultats, dit M. Dehérain dans sa *Chimie agricole*. Nous avons reconnu (Voy. NUTRITION DES VÉGÉTAUX) que les substances minérales peuvent se rencontrer dans les végétaux à deux états différents. Elles y sont parfois simplement déposées par l'évaporation de l'eau chargée d'acide carbonique qui y a circulé : c'est ainsi, par exemple, que les arbres renferment une proportion très-notable de carbonate de chaux. Elles y sont combinées avec des principes immédiats, et ici encore il faut distinguer si le principe immédiat, dont la substance minérale fait partie, est nécessaire au développement de la plante, car ce sera seulement dans ce cas que l'abondance de cette matière minérale sera utile. Je ne serais pas étonné, par exemple, que le phosphate de potasse fût nécessaire à la constitution ou aux migrations des matières azotées, qui se transportent des feuilles vers les graines, et que ce fût là la raison de la réussite des engrais de potasse sur le froment ; mais si le principe immédiat est lui-même secondaire, s'il provient d'une oxydation, si c'est l'acide oxalique des betteraves ou l'acide citrique des pommes de terre, on conçoit que la base qui vient le saturer n'a par elle-même aucun intérêt.

Revenons à l'extraction de la potasse. L'incinération du bois se fait à l'air libre, sur une aire battue, et bien abritée contre les vents. Les cendres obtenues, dont le poids forme 1 à 5 pour 100 de celui du bois employé, sont soumises à un lessivage méthodique par DÉPLACEMENT. On évapore ensuite à sec, dans des chaudières en fonte ou en tôle, les lessives les plus concentrées, marquant au moins 10 à 12° à l'aréomètre. Le résidu obtenu, et qui est désigné sous le nom de *salin*, est calciné à une chaleur assez forte pour en chasser une grande partie de l'eau qu'il renferme encore, et pour achever de détruire les matières organiques qui le colorent fortement en brun. Cette calcination s'opère habituellement dans des fours à réverbère, dont la sole a 3 ou 4 mètres de long sur $1^m,50$ de large, et dont la voûte est très-surbaissée. On brasse fréquemment la matière au moyen de ringards en fer et, lorsqu'elle commence à se réduire en pâte et qu'on n'y remarque plus de taches noires, on la retire par l'une des ouvertures, et l'on enfourne une nouvelle charge par l'ouverture opposée.

Les plus belles potasses d'Amérique sont parfaitement blanches, et sont connues sous le nom de *perlasse*. Néanmoins elles sont encore bien inférieures à la potasse que l'on obtient par l'incinération des lies de vin, et qui est connue sous le nom de *cendres gravelées*.

Le suint de la laine du mouton fournit des quantités notables de potasse, par l'évaporation des eaux de lavage des laines et calcination du résidu.

Les potasses du commerce contiennent toujours une certaine proportion de sulfates et de chlorures à base de potasse et de soude, et plus ou moins de substances insolubles. On apprécie leur valeur commerciale, c'est-à-dire la proportion d'alcali qu'elles renferment à l'état de carbonate, au moyen des liqueurs titrées, et par les procédés que nous avons décrits à l'article ALCALIMÉTRIE. Pour les purifier, on se base sur la propriété qu'a le carbonate de potasse d'être plus soluble que le sulfate de potasse et le chlorure de potassium, ce qui revient à dire, en d'autres termes, que ces deux derniers sels sont insolubles dans une dissolution saturée de carbonate de potasse; on dissout la potasse à purifier dans son poids d'eau, on décante et on évapore à sec la liqueur décantée; si on veut l'avoir encore plus pure, on reprend la potasse ainsi obtenue par la moitié seulement de son poids d'eau. C'est de cette manière que l'on purifie, en Allemagne, la potasse qui est employée dans la fabrication des verres fins sans plomb et à base de potasse, dits *cristaux de Bohême*.

Lorsque l'on veut obtenir du carbonate de potasse parfaitement pur pour les besoins des laboratoires ou des arts, on le prépare en faisant brûler dans une bassine en fonte un mélange à parties égales de crème de

tartre et de nitre raffiné; la crème de tartre ou de bi-tartrate de potasse se décompose par l'action de la chaleur en carbonate de potasse et en charbon, lequel, en réagissant sur le nitre, le décompose et le transforme également en carbonate de potasse.

Jusqu'ici le carbonate de potasse n'a été retiré que des cendres des végétaux terrestres, comme on retirait autrefois la soude de celles des végétaux marins. Les vinasses des alcools de betteraves sont venues dans ces dernières années fournir un supplément d'approvisionnement provenant d'une source plus rationnelle que celle de l'incinération des végétaux. Mais surtout il est permis actuellement d'espérer que la belle découverte de M. Balard (MARAIS SALANTS) permettra de retirer des eaux-mères des marais salants, des sels de potasse à bas prix, et viendra ainsi suppléer à l'insuffisance ou à la destruction prochaine des forêts qui alimentent cette fabrication.

Le carbonate de potasse a une réaction alcaline très forte, une saveur âcre et caustique; il est très fusible, et devient liquide comme de l'eau au rouge; il est très soluble dans l'eau et déliquescent, et insoluble dans l'alcool; à l'état anhydre, il renferme :

Potasse.	0,68	CO^2 KO.
Acide carbonique. . .	0,32	

Il est soluble dans l'acide carbonique, avec lequel il se combine et donne un bi-carbonate cristallisable, qui se décompose lorsqu'on fait bouillir sa dissolution dans l'eau. Il est surtout employé pour la fabrication des savons mous et des verres à base de potasse, ainsi que pour le blanchiment. Ces diverses industries en consomment des quantités considérables.

La *potasse caustique* se prépare en décarbonatant le carbonate par la chaux. On prend la plus belle potasse du commerce, de la cendre gravelée, ou mieux de la potasse préparée comme nous l'avons dit au moyen d'un mélange de crème de tartre et de nitre, on la dissout dans sept fois son poids d'eau, on y ajoute une demi-partie de chaux récemment éteinte, et on fait bouillir, dans une chaudière en fonte, pendant quinze à vingt minutes; on enlève le feu, on ajoute dans la chaudière une quantité d'eau égale à celle qui s'est évaporée; on délaie le tout, on laisse reposer quelques instants, on tire au clair au moyen d'un syphon, et l'on évapore immédiatement et rapidement la liqueur dans une autre bassine en fonte, ou mieux en argent. Lorsque l'évaporation touche à sa fin, on voit la lessive se tuméfier beaucoup, en raison de sa plus grande viscosité, puis elle s'affaisse, et la potasse entre en fusion tranquille quand il n'y a plus d'eau. Arrivé à ce point, on coule par portions la potasse sur des plateaux de cuivre étamé ou d'argent, qu'on a eu la précaution de frotter légèrement avec un linge huilé. Aussitôt que la potasse est prise, on la renverse sur une feuille de papier, on la brise en morceaux, et on la renferme immédiatement dans des bocaux propres et secs. La potasse caustique ainsi préparée est connue sous le nom de *potasse à la chaux* ou de *pierre à cautère*. Pour séparer les petites quantités de sulfate et de chlorure que la potasse à la chaux préparée avec les potasses du commerce contient toujours, on la traite par de l'alcool à 40°. Lorsqu'on reconnaît, au moyen de l'aréomètre, que ce dernier en est saturé, on le décante dans de grands flacons que l'on bouche, et on laisse reposer pendant deux ou trois jours; quand la liqueur s'est éclaircie, on la décante, à l'aide d'un syphon en verre préalablement rempli d'alcool, dans une bassine en argent de telle forme qu'elle constitue la panse d'un alambic ordinaire; on chauffe alors modérément tant qu'il distille de l'alcool : on en retire ainsi les 4/5 environ; on démonte alors l'appareil, et on continue l'évaporation dans la même bassine, sur un feu plus vif. La liqueur entre en ébullition, et l'on voit peu à peu se former une écume noire et visqueuse, que le bouillon rejette sur les parois de la bassine où elle s'attache. Habituellement on enlève cette écume avec une cuillère d'argent, mais il est préférable, lorsqu'on le peut, de nettoyer un des côtés de la bassine, et de transvaser la dissolution, quand elle s'est bien épurée par l'ébullition dans une autre bassine d'argent, où l'on en achève l'évaporation. On la coule ensuite comme nous l'avons dit plus haut. La potasse ainsi purifiée prend le nom de *potasse à l'alcool*.

La potasse caustique, préparée comme il vient d'être dit, est solide, d'un blanc perlé, cassante, à cassure unie, faiblement translucide. Elle a une saveur excessivement caustique, et elle exhale une forte odeur de lessive. Chauffée au rouge, elle retient encore un équivalent ou 16 p. 100 d'eau de combinaison que l'on ne peut en chasser par une chaleur plus forte; c'est, en un mot, un hydrate de protoxyde de potassium; en faisant abstraction de cette eau, elle se compose de

Potassium.	0,83	KO.
Oxygène.	0,17	

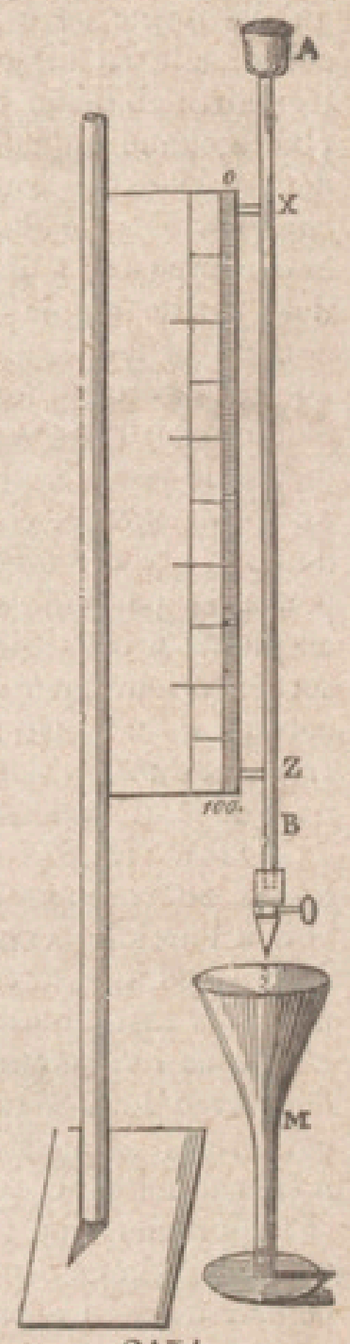
Elle se fond au-dessous du rouge, et produit des vapeurs abondantes à une température plus élevée. Elle attire très rapidement l'humidité atmosphérique et tombe en déliquescence : un grand nombre de sels qu'elle forme avec les acides sont également déliquescents; elle se dissout dans l'eau, en développant une très forte chaleur. Elle est soluble dans l'alcool, mais plus à chaud qu'à froid, et la liqueur saturée à chaud dépose des cristaux par le refroidissement. Les corps combustibles, le charbon, le soufre, le phosphore, etc., la décomposent à une température plus ou moins élevée; il en est de même des métaux très avides d'oxygène, comme le fer, le zinc, etc. C'est une base extrêmement énergique : tous les acides, même l'acide carbonique, en chassent l'eau à laquelle ils se substituent; il en est de même pour nombre d'oxydes, par voie sèche; quelques-uns même, comme l'alumine, la glucine, l'oxyde de zinc, s'y dissolvent par voie humide. Elle attaque à peu près par voie sèche tous les minéraux et est très employée à cause de cela dans les laboratoires. On s'en sert extérieurement en médecine, ou plutôt en chirurgie, comme d'un caustique très énergique. En dissolution très étendue, on l'emploie dans le blanchiment sous le nom de lessive caustique.

POTASSIMÉTRIE. L'essai alcalimétrique des potasses du commerce donne, comme nous l'avons fait voir à l'article ALCALIMÉTRIE, leur teneur en carbonate de potasse, lorsqu'elles ne sont mélangées que de matières insolubles ou d'autres sels de potasse, mais il n'indique nullement cette teneur lorsqu'elles sont falsifiées avec de la soude, falsification que le bas prix de ce dernier alcali a rendue très fréquente dans ces dernières années. C'est pour découvrir cette falsification et l'apprécier que M. O. Henry a proposé le procédé que nous allons décrire et auquel il a donné le nom de *potassimétrie*. Ce procédé repose sur la propriété que possède la potasse de former avec l'acide perchlorique un sel complétement insoluble dans l'alcool, tandis que le sel correspondant de soude y est extrêmement soluble; ce dernier est donc employé comme réactif pour précipiter la potasse; on se le procure ainsi qu'il suit : On chauffe avec précaution, dans un creuset de platine, du chlorate de potasse, jusqu'à ce que le dégagement d'oxygène cesse; on reprend la matière par vingt fois son poids d'eau bouillante, on filtre à travers une chausse de laine, et on laisse refroidir en troublant la cristallisation par l'agitation. Le perchlorate de potasse se dépose en petits grains blancs, brillants, qu'on lave avec un peu d'eau froide et qu'on fait sécher à l'étuve. On le réduit ensuite en poudre fine, on le place dans une large éprouvette au fond de

laquelle on a versé du mercure et on le délaie dans 5 à 6 parties d'eau pure; d'un autre côté on met dans une cornue de grès un mélange de 1 partie 2/3 de sable fin pur, 1 p. 1/4 de chaux fluatée et 3 p. d'acide sulfurique concentré; on adapte au col de la cornue un tube de dégagement dont l'autre extrémité vient déboucher sous le mercure placé dans l'éprouvette; on chauffe alors la cornue, il se dégage de l'acide hydrofluosilicique qui traverse le mercure, vient réagir sur le perchlorate de potasse, forme du fluosilicate de potasse gélatineux, insoluble, et met l'acide perchlorique en liberté; la réaction achevée, on jette le magma produit sur un carrelet de toile, on le lave à l'eau distillée, et on sature les eaux de lavage par du carbonate de soude cristallisé; on filtre, on concentre la liqueur, au bain de sable, jusqu'à consistance sirupeuse, puis on l'étend de son poids environ d'alcool à 37°, on chauffe légèrement et on filtre. En évaporant avec précaution la solution alcoolique de perchlorate de soude ainsi obtenue, elle fournit des cristaux blancs aciculaires, avec lesquels on prépare, comme nous le verrons plus loin, la liqueur d'épreuve titrée.

Passons maintenant à la description de l'instrument auquel M. O. Henry a donné le nom de potassimètre et qui est représenté dans la fig. 2151 :

A B est un tube de verre d'une longueur de 60 centimètres environ, et d'un diamètre de 4 millimètres à peu près. En A se trouve un entonnoir de verre soudé, et en B un petit robinet en cuivre terminé par un tube capillaire. Ce robinet s'ajuste au tube par un bouchon et avec de la cire à cacheter. Le tube A B est fixé par *deux crochets* au long d'une échelle inscrite sur une planche, et cette échelle est divisée en 100 parties égales. Le tout est supporté par un pied qui permet de placer le tube A B au-dessus du vase M contenant le sel de potasse à essayer. Dans l'étendue comprise dans le tube A B, à partir du 1er au 100me degré inclus (X à Z), on a une liqueur de perchlorate sodique titrée, représentant par chaque degré 1/100me *de carbonate potassique pur* (1).



2151.

Indiquons maintenant comment on opère l'essai potassimétrique : On prend *en plusieurs points* du baril de potasse à essayer divers échantillons, représentant 250 ou 300 grammes; on les mélange ensuite et on les réduit en une poudre fine aussi *promptement* que possible. On prélève sur cette poudre 50 grammes que l'on traite à froid par 100 grammes d'eau distillée, on filtre avec soin, et la solution est introduite dans une petite éprouvette graduée en 50 parties égale-

1° On prend d'abord, au moyen d'une pipette graduée, 10 mesures de cette solution représentant 5 grammes de la potasse à essayer que l'on soumet à part à l'essai alcalimétrique, en se conformant en tous points à ce que nous avons dit à l'article ALCALIMÉTRIE; puis on note le degré alcalimétrique obtenu;

2° D'autre part on prend 1 mesure de liquide ci-dessus, représentant 1 gramme de la potasse à essayer; on sature à l'aide de l'acide acétique en léger excès, on fait évaporer presqu'à siccité et on traite le résidu à l'aide de l'alcool à 37°, froid; on filtre sans rien perdre; les sulfates, et chlorures et silicates alcalins restent sur le filtre. C'est dans ce liquide, représentant en acétate le carbonate de potasse et même celui de soude de la potasse à examiner, qu'on ajoute *goutte à goutte* la solution titrée de perchlorate de soude, *tant qu'on aperçoit un précipité*, et en l'ajoutant *fort lentement*, lorsqu'on approche vers les 40 ou 50 mesures du tube A B.

Ce nombre indique pour 1 gramme de potasse examinée des *centièmes* de carbonate potassique pur.

Or, connaissant, d'*une part*, au moyen de l'*essai alcalimétrique*, la quantité d'acide sulfurique que sature cette potasse, on arrive aisément à déterminer la proportion des carbonates de potasse et de soude mélangés.

En effet, 100 mesures de l'alcalimètre représentent :

	Grammes.
Acide sulfurique à 66°.	5,423
Acide sulfurique anhydre. . . .	4,429
Qui équivalent : à carbonate de potasse pur anhydre.	7,60
— — à carbonate de soude pur anhydre.	5,74

On a déterminé de l'autre part, au moyen du potassimètre, la proportion réelle de *carbonate de potasse* de la potasse essayée, sur 100 parties.

Voyant ce que cette proportion doit prendre d'acide sulfurique réel, la différence de la quantité totale de cet acide employé dans l'épreuve alcalimétrique, pour 100 de potasse, donnera de suite la quantité du carbonate de soude ajouté, et le double problème sera résolu, savoir : la détermination de la véritable valeur potassique, et celle de la proportion du carbonate de soude ajouté.

Donnons un exemple pour faciliter l'intelligence des faits; soit :

100 grammes de potasse du commerce prise comme il a été dit, et donnant :

1° Par l'essai alcalimétrique; un nombre de degrés qui représente :

	Grammes.
Acide sulfurique réel anhydre. . . .	38,9

2° Par l'essai au potassimètre un nombre de degrés représentant :

Carbonate de potasse pur.	50

On aura 28,9 d'acide sulfurique anhydre pour les 50 de carbonate de potasse pur.

La différence 10 d'*acide* représentera :

Carbonate de soude pur.	13,3

POTASSIUM (*angl.* et *franç.*, *all.* kalium). Le potassium est un métal d'un blanc d'argent, découvert par *Davy* dans la potasse; son éclat, très vif, s'altère immédiatement au contact de l'air; il est assez mou pour être pétri entre les doigts; sa densité, moindre que celle de l'eau, n'est que de 0,865; il fond à 58°, et se volatilise au-dessous du rouge, en donnant des vapeurs d'un beau vert, pourvu qu'il soit complétement à l'abri de l'air. Il est presque aussi inflammable que le phosphore, et il est prudent de ne pas le manier à l'air libre entre ses doigts pendant longtemps; les brûlures qu'il produit sont très graves, parce qu'à la température élevée qui se développe vient se joindre l'action de la potasse qui se forme et qui corrode les matières animales avec d'autant plus de force qu'elle

1 Ce titre s'obtient aisément; pour cela on fait écouler lentement la quantité d'alcool à 57° contenue dans l'espace du tube A B compris entre 0 et 100 degrés, on en prend de suite le poids exactement. On pèse alors 10 ou 100 fois la même quantité d'alcool à 57° dans un flacon à l'émeri, et on y ajoute 10 fois ou 100 fois 0gr,884 de *perchlorate de soude sec*, le mélange est la *liqueur d'épreuve titrée*, renfermant dans l'étendue des 100 degrés du tube 0gr,884 de *perchlorate de soude sec*, qui répondent à 1 gr. de carbonate de potasse pur.

tous les matériaux des pâtes céramiques, leur histoire leur origine, leur position dans la nature.

Au façonnage appartient l'histoire des machines et des procédés, soit mécaniques, soit chimiques, au moyen desquels on prépare, on mélange, on combine ces matières pour en faire des poteries. A la fabrication se rattache encore le dosage des divers matériaux destinés à la confection des différents objets que le commerce réclame.

La cuisson comporte l'étude des combustibles, celle des appareils dans lesquels la poterie acquiert la dureté nécessaire aux divers usages pour lesquels elle est créée, celle enfin des moyens à l'aide desquels on protège dans le four les objets fabriqués contre l'action de la flamme, des cendres, de la fumée. Il convient encore d'y rattacher les méthodes de conduire et de juger le feu. Nous insisterons surtout sur la nature de l'atmosphère au sein de laquelle a lieu la cuisson : cette dernière notion, introduite récemment dans l'art de fabriquer la porcelaine, est appelée sans contredit à régulariser le travail, en assurant le succès de l'opération. Non seulement la force du feu, c'est-à-dire l'intensité de la chaleur, exerce sur la qualité des produits une influence considérable, mais la nature des gaz qui remplissent le four doit être en rapport avec la coloration que ces produits peuvent présenter.

La composition, le façonnage et la cuisson des pâtes d'une nature déterminée présentent d'ailleurs certains rapports essentiels dont l'existence complique la question et qu'il faut savoir apprécier. La composition de la pâte limite les procédés de façonnage, car si presque toutes les pâtes sont plastiques, quelques-unes n'ont aucune plasticité; on leur en donne une artificielle au moyen de mucilages et de savons; les diverses poteries offrent à cet égard des intermédiaires nombreux. La cuisson fait apparaître plusieurs défauts inhérents aux procédés de façonnage. Les méthodes d'application de glaçure sont variées avec l'état dans lequel sont les pièces au moment de la pose de la glaçure. Quant aux relations que la composition présente avec les phénomènes qui se rattachent à la cuisson, ils sont tellement évidents qu'il suffit de rappeler que toutes les poteries, même la plupart des grès cérames, se déformeraient et fondraient souvent en prenant l'aspect vitreux ou cristallisé, si nous les soumettions, avec ou sans glaçure, aux températures qu'exige la porcelaine dure pour acquérir la translucidité qui la caractérise.

J'attache une telle importance à la connaissance des modifications que la chaleur engendre dans les terres ou les mélanges terreux et métalliques, colorés ou non, que je regarde, dans une fabrication quelconque, la température à laquelle on doit cuire le corps de pâte et la glaçure comme le premier point à fixer. Ce point d'abord établi sert à déterminer la forme des appareils de cuisson qui, dans leurs dispositions et dans leurs dimensions, peuvent offrir des différences considérables. Ce n'est qu'après être fixé complètement à cet égard qu'on peut passer à la composition des pâtes et des glaçures. Les qualités de la poterie résultent de la nature et des propriétés des silicates qui la forment, qualités qu'il est possible d'apprécier *a priori*. Il ne restera plus qu'à chercher parmi les matériaux que le potier peut mettre en œuvre, ceux qui le conduiront, avec le plus d'économie, avec les meilleures chances de succès, à la poterie possédant les qualités qu'il désire.

Nous ne saurions, sans trop de longueur pour cet article, donner tous les caractères des silicates, borates et phosphates simples ou composés, considérés au point de vue de leur fusibilité ; on les trouvera détaillés d'une manière très circonstanciée dans les *Leçons de céramique* de Salvetat.

POTERIES.

§ III. CONSTITUTION DES PATES.

Si l'on examine toutes les pâtes céramiques cuites, quelle que soit l'espèce à laquelle on les rapporte, on les voit formées de silice, quelquefois de silice presque exclusivement, mais c'est l'exception ; quelquefois aussi de silice en combinaison avec l'alumine, et c'est le cas le plus général; quelquefois enfin, le silicate d'alumine est en mélange avec des silicates étrangers alcalins ou terreux, de l'introduction desquels il résulte pour la pâte des inconvénients ou des qualités. Dans certaines pâtes, le silicate d'alumine peut être remplacé, en tout ou en partie, par des silicates de magnésie, mais ce cas se présente assez rarement. En général donc, les pâtes céramiques sont formées de silices en combinaison ou en mélange avec divers principes, accessoires utiles ou nuisibles. Quels sont ces principes? Quel rôle peuvent-ils jouer? Nommons-les d'abord (voyez ARGILES) pour étudier une question dont la solution donne la clef de bien des réactions qui se passent dans la fabrication des poteries. Ce sont, comme l'analyse chimique les décèle : l'alumine, l'oxyde de fer, l'oxyde de manganèse, la chaux, la baryte, la magnésie, la potasse et la soude. On y rencontre aussi parfois les acides carbonique, sulfurique et phosphorique.

Alumine. — Les poteries qui renferment le plus d'alumine sont celles qui cuisent à la plus haute température, lorsqu'elles ne renferment que peu d'éléments étrangers; le maximum correspond aux porcelaines dures de Sèvres, le minimum correspond aux pâtes de porcelaine tendre françaises.

Les silicates doubles qui se trouvent souvent en mélange intime avec le silicate d'alumine introduisent dans les pâtes céramiques des principes différents, tels que l'oxyde de fer et l'oxyde de manganèse, la chaux et la magnésie, la potasse et la soude, qui varient entre certaines limites, et qui, sans nul doute, exercent l'influence la plus considérable sur la température à laquelle ces poteries peuvent être soumises sans se déformer, et sur la qualité que ces poteries peuvent acquérir par le fait d'une cuisson produite dans les meilleures conditions de fabrication (température et atmosphère).

Oxyde de fer. — Les nombreuses analyses qui sont connues maintenant démontrent que les proportions de l'oxyde de fer varient, dans les pâtes céramiques, dans des limites étendues. L'oxyde de fer ne peut exister dans les pâtes de porcelaine dure ou tendre qu'en proportions très minimes : on sait que ces pâtes tirent leur caractère principal de leur blancheur complète. Cette condition n'est pas impérative dans la fabrication des grès fins, blancs ou communs, ou dans la terre de pipe; une quantite d'oxyde de fer surpassant 0,10 conduit à des compositions qui ne peuvent supporter des températures élevées sans se déformer. Il est urgent alors de ne les cuire que dans des conditions d'atmosphère parfaitement étudiées, en arrêtant au point convenable la température nécessaire à la cuisson.

Je ferai remarquer ici que la coloration que présente une poterie cuite, même en biscuit, n'est pas toujours en rapport avec la quantité d'oxyde de fer qu'elle donne à l'analyse. Cette coloration, liée tout d'abord à la nature comme à la quantité des matières introduites dans la pâte, telles que le charbon dans les poteries à pâte noire, dépend considérablement et de l'état d'oxydation et de l'état de combinaison de l'oxyde de fer; elle tient en général, moins de la composition centésimale du composé que de l'atmosphère dans laquelle la pièce a cuit ou s'est refroidie.

Des expériences précises empruntées à des fabrications variées ont fait voir :

1° Que plusieurs briques faites avec une même

terre, renfermant par conséquent la même quantité d'oxyde de fer, suivant la place qu'elles occupent dans le four, sont tantôt incolores, tantôt roses ou rouges, tantôt enfin complètement brunes.

2° Que les biscuits de faïence commune, quoique très chargés d'oxyde de fer, sont tantôt d'un jaune presque clair, tantôt d'un rouge pâle, tantôt d'un rouge brun, tantôt d'un jaune légèrement verdâtre : ces teintes si diverses sont souvent offertes par les différentes parties d'une même pièce. Il importe au fabricant de faïence de produire un biscuit peu coloré, puisque, dans la suite de la fabrication, on cherche à masquer sous une couche d'émail opaque le ton rougeâtre de la pâte : plus la coloration de la pâte est foncée, plus il faut d'opacité dans l'émail; cette opacité coûte cher; on évite la coloration en cuisant dans une atmosphère réductrice.

3° Que certaines pâtes de terre de pipe, en général peu colorées, cuisent avec une teinte jaunâtre, lorsque l'atmosphère dans laquelle elles cuisent n'est pas enfumée.

4° Que les mêmes pâtes de porcelaine, souvent très colorées en rouge au dégourdi, ne le sont plus lorsqu'elles ont été transformées, dans le grand feu de porcelaine, en porcelaine transparente, l'oxyde de fer passant alors à l'état de silicate de protoxyde de fer.

5° Que la même pâte de porcelaine cuit tantôt blanche et translucide, tantôt opaque et jaune; blanche si l'oxyde de fer est maintenu, surtout pendant la période à laquelle la glaçure commence à fondre, à l'état de silicate de protoxyde, ce qui a toujours lieu dans une atmosphère réductive ; jaune, au contraire, lorsque l'oxyde de fer peut se séparer à l'état de peroxyde de fer, ce qui se présente au sein d'une atmosphère oxydante; la coloration jaune se fait moins sentir, toutes choses égales d'ailleurs, dans les pâtes très chargées de silice.

6° Les poteries cuites avec glaçure offrent des colorations plus ou moins intenses que la même poterie simple, suivant la nature de la glaçure et suivant la quantité de fer que le corps de pâte contient. Les cailloutages anglais dont le biscuit n'est pas entièrement blanc acquièrent une grande blancheur par le fait de l'application de la glaçure, dans la composition de laquelle on fait entrer du borax ou de l'acide borique ; l'oxyde de fer qui colore l'épiderme de la pâte en contact avec la glaçure est dissous par le borax; si l'on considère en effet la cassure fraîche d'une pièce en faïence fine, on observe une coloration jaunâtre marquée, dissimulée sous la glaçure. On ne peut attribuer cet effet à l'espèce d'opacité que présente la glaçure, puisqu'elle laisse parfaitement apercevoir les impressions bleues, noires, vertes, roses, appliquées sur biscuit sous glaçure.

Oxyde de manganèse. — L'oxyde de manganèse ne se rencontre qu'accidentellement dans les pâtes céramiques ; il accompagne d'ailleurs presque toujours l'oxyde de fer dans les terres qui contiennent cet oxyde.

Chaux. — Personne n'ignore que la chaux introduite dans les pâtes ajoute à leur fusibilité, lorsque cet élément n'arrive pas à des proportions par trop considérables. En effet, la chaux diminue la valeur des argiles comme produits réfractaires; sa présence dans les pâtes céramiques facilite leur déformation par affaissement ou ramollissement, aussitôt qu'on les cuit à des températures élevées.

Les poteries composées avec des argiles plastiques, avec ou sans addition de sable, ne contiennent que fort peu de chaux ; elles peuvent subir sans se déformer des températures souvent fort élevées; les grès cérames fins et grossiers sont dans ce cas, et ce n'est sans doute qu'à la présence des faibles parties d'oxyde de fer, de chaux et d'alcalis, qui souillent ordinairement toutes les argiles plastiques, qu'est due l'apparence vitreuse présentée par la cassure fraîche de ces sortes de poteries.

Les poteries à pâte tendre, même d'une fabrication soignée, renferment une proportion de chaux plus forte que la pâte des grès cérames. La chaux qu'on a mise à l'état de marne reste à l'état de calcaire, lorsque la température n'a pas dépassé celle à laquelle le carbonate de chaux abandonne l'acide carbonique. Si la température est plus élevée, la chaux existe dans la pâte à l'état de silicate de chaux; elle ne fait plus effervescence. C'est sous cette forme que le carbonate de chaux persiste dans les pâtes des porcelaines dures et des porcelaines tendres françaises. Dans ces deux poteries, il forme une partie notable des silicates fusibles qui communiquent à ces pâtes, avec les silicates alcalins, leur transparence caractéristique.

A côté de ce rôle que joue la chaux dans les pâtes céramiques, il en existe un autre, très important, mis en lumière par l'étude des faïences communes. Les bonnes qualités de la faïence dépendent de la manière dont elles prennent et conservent l'émail qui les recouvre. L'expérience a démontré la nécessité de la présence de la chaux dans les pâtes que le fabricant veut enduire de glaçure opacifiée par l'oxyde d'étain. La chaux contenue dans de bonnes faïences communes peut s'élever jusqu'à 0,15.

Baryte. — Quelques poteries de grès, principalement les grès de fabrication anglaise, admettent dans leur composition du sulfate de baryte; l'acide silicique réagissant à la température de la cuisson a dû chasser l'acide sulfurique; on n'en retrouverait la présence que dans les poteries cuites à de basses températures. Lorsqu'on fait usage de ce sel, il faut cuire dans une atmosphère oxydante, pour éviter la formation du sulfure de baryum.

Magnésie. — La magnésie peut remplacer, en tout ou partie, l'alumine des argiles; mais on n'a pas remarqué des qualités spéciales résultant de l'emploi de cet auxiliaire, qui n'existe généralement qu'à l'état de principe étranger, au même titre que les traces de chaux et d'oxyde de fer contenus dans les argiles de la meilleure qualité.

Alcalis (potasse et soude). — A ce même titre, la potasse et la soude font toujours partie des pâtes céramiques. Cuites à la chaleur des fours à porcelaine, beaucoup de pâtes prennent une cassure brillante, une texture serrée que l'oxyde de fer seul ne donnerait pas toujours. A des températures peu élevées, l'influence de ces éléments est nulle; car ils ne peuvent agir que comme fondants, et provenant de poussières feldspathiques ou micacées, ils ne sauraient fondre tant qu'on n'atteint pas leur point de fusion, très élevé d'ailleurs.

Si les alcalis qu'on introduit avec les argiles dans les pâtes des terres cuites, des briques et des faïences communes, sont en proportion minime et sans importance, la présence de ces mêmes éléments dans les pâtes de porcelaine produit, au contraire, un résultat tout spécial : les alcalis doivent communiquer à la pâte sa transparence caractéristique, aidée souvent par l'addition de la chaux. Les pâtes de porcelaine dure de Limoges, de Saxe, de Berlin et de Chine, ne contiennent en effet que la chaux introduite accidentellement par les matériaux mis en œuvre; les alcalis (potasse et soude) s'élèvent de 0,12 à 0,06. C'est aussi ce dernier chiffre que contenaient les anciennes pâtes de Sèvres, connues sous le nom de pâtes artificielles (*vieux Sèvres*).

Acide carbonique. — Nous avons dit que si la chaleur de la cuisson n'a pas été suffisamment élevée pour

est anhydre. Lorsqu'on jette un globule de potassium dans un vase renfermant de l'eau, il prend à la surface de l'eau un mouvement giratoire très rapide, et la décompose en formant de la potasse qui se dissout; la réaction est tellement énergique que l'hydrogène de l'eau décomposée s'enflamme au fur et à mesure qu'il est mis en liberté; au moment où la combustion s'achève, le fragment de potasse qui reste éclate et pourrait donner lieu à des accidents, si on n'avait soin d'opérer dans un vase rempli d'eau au tiers au plus. On ne peut conserver le potassium que sous de l'huile de naphte bien desséchée.

Pour obtenir le potassium, on réduit la potasse, à une chaleur blanche, par le fer ou le charbon. Ordinairement on emploie ce dernier procédé; on prépare un mélange intime de carbonate de potasse et de charbon, en calcinant de la crème de tartre (bi-tartrate de potasse) dans un creuset couvert, et on rend le mélange plus poreux en y ajoutant 1/10 de son poids de charbon grossièrement pulvérisé. On traite alors ce mélange dans l'appareil suivant, qui est dû à *Brunner*, et qui se compose (fig. 1) d'une bouteille en fer B

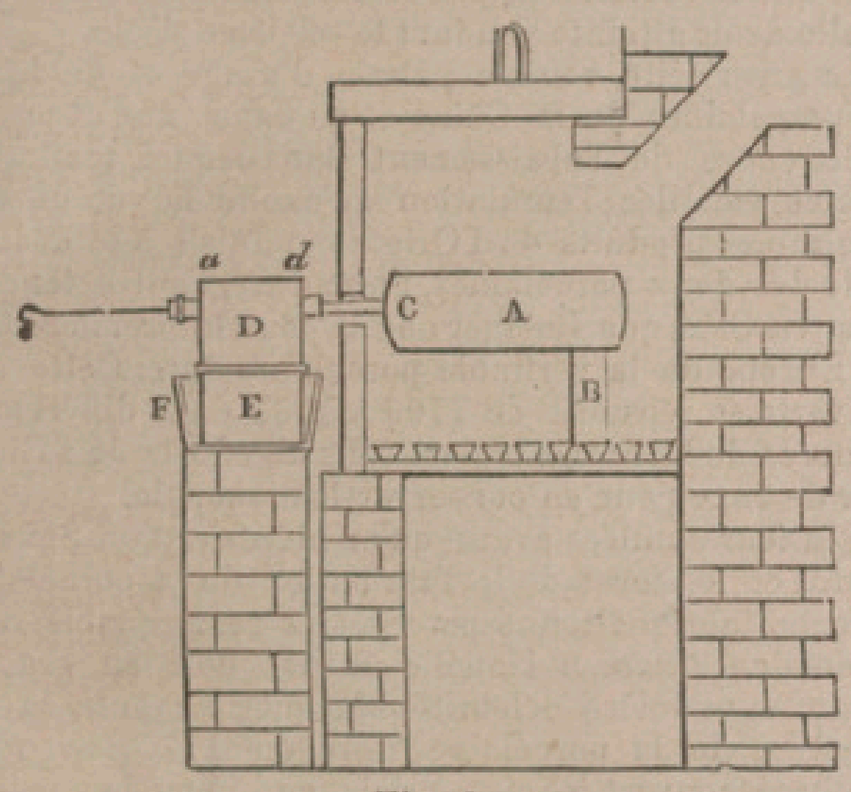


Fig. 1.

(on prend ordinairement une de ces bouteilles dans lesquelles le mercure nous arrive d'Espagne) dans laquelle on introduit le mélange précédent; on la place ensuite horizontalement dans un fourneau, en la supportant en arrière par un petit mur en briques. Dans le col de la bouteille, qui est taraudé à vis, on visse un bout de canon de fusil fileté C, que l'on fait aussi court que possible. On commence alors à chauffer graduellement la bouteille; toute l'humidité se dégage, la masse rougit, et aussitôt que l'on voit se dégager des vapeurs vertes qui s'enflamment spontanément, ce qui annonce que la réduction commence, on adapte au tube C, le récipient *d a* D E. Il est en cuivre mince laminé et composé de deux parties; la partie supérieure est une boîte rectangulaire, ouverte au fond, ayant environ 0m,25 de haut et 0m,12 à 0m,15 de long sur 0m,05 de large, et divisée en deux compartiments égaux, sur les deux tiers de sa hauteur, par une cloison; elle entre exactement dans une boîte inférieure E, remplie d'huile de naphte bien désséchée, et placée dans un vase réfrigérant F. A la partie supérieure de la boîte D, sont soudés deux tubes diamétralement opposés; l'un *d*, reçoit l'extrémité du tube C, et on garnit avec soin la jointure avec du lut; l'autre *a*, porte un bouchon que traverse une tige de fer *e* qui sert à dégager le tube C et à prévenir les engorgements qui pourraient s'y former Il faut, en effet, avoir bien soin de ne pas laisser s'engorger le tube C, ce qui donnerait lieu à de graves accidents

Comme la température à laquelle on doit chauffer les bouteilles de fer doit être aussi élevée que possible on les recouvre d'un lut d'argile pour les préserver de l'oxydation.

On purifie le potassium, obtenu comme il vient d'être dit, en le fondant sous l'huile de naphte et même quelquefois en le distillant dans une cornue en fer.

Mitscherlich et avec lui beaucoup de chimistes ont reconnu la nécessité de maintenir une grande partie du tube de communication à une température très élevée, pour éviter les obstructions qui se produisent par suite du contact prolongé du potassium à l'état liquide avec l'oxyde de carbone; mais en diminuant ainsi les chances d'obstruction, on augmente la quantité de métal qui arrive à l'état gazeux dans le récipient; il fallait donc découvrir un récipient qui, au lieu de laisser se perdre le potassium qui arrive en vapeur, fut capable de le condenser rapidement et d'en soustraire le plus possible à l'action de l'oxyde de carbone. C'est ce qu'ont fait MM. Mareska et Donny. Leur récipient (fig. 2) est une boîte allongée et plate ouverte à ses deux extrémités, dont l'une se termine

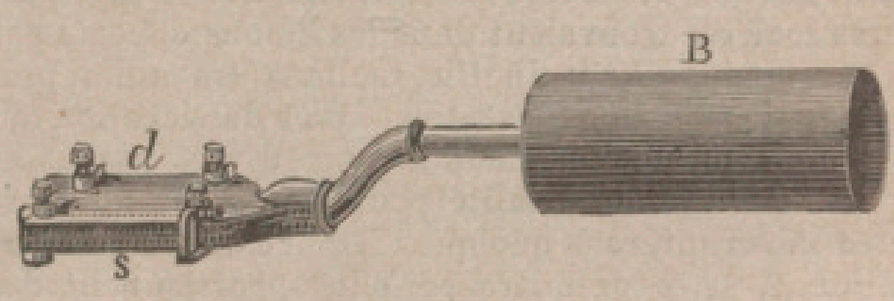


Fig. 2.

par un col arrondi s'adaptant au col de la cornue. Il est en fer laminé d'une épaisseur de 0m,004. Sa longueur est de 0m,30, sa largeur de 0m,12 et sa hauteur intérieure de 0m,006. La partie supérieure de la boîte est mobile, elle se fixe sur la partie inférieure à l'aide de vis de pression. Le tube de communication ne doit pas avoir plus de 0m,11.

On n'adapte le récipient que quand la cornue, portée au rouge-blanc, laisse dégager des fumées blanches abondantes de potasse régénérée. Aussitôt qu'il est en place, on voit sortir par l'extrémité libre une flamme formée par la combustion de l'oxyde de carbone, mais ne contenant que très peu de vapeur blanche.

Au bout d'une demi-heure, le récipient est à peu près plein, on le retire, on le plonge dans un vase contenant de l'huile de naphte, que l'on ferme et on laisse refroidir. Quand le récipient est suffisamment refroidi, on l'ouvre, et on détache le potassium au moyen d'un ciseau pour l'introduire dans des flacons remplis de naphte. On purifie ce potassium par distillation.

Une cornue, contenant de 800 à 900 grammes de tartre calciné, donne une moyenne de 200 grammes de potassium sur 350 qu'elle contenait. La perte est due au dégagement d'une partie du métal à l'état gazeux.

POTÉE D'ÉTAIN. La potée d'étain est un mélange d'oxydes de plomb et d'étain, obtenu en calcinant un alliage de ces deux métaux en proportions variables; le plomb et l'étain séparés ne s'oxydent que lentement au rouge, tandis que leurs alliages s'oxydent très rapidement dans les mêmes circonstances; ainsi, par exemple, l'alliage qui renferme 3 parties de plomb et 1 partie d'étain, s'enflamme lorsqu'on le chauffe au rouge sombre et continue ensuite à brûler de lui-même. L'oxydation terminée, on broie la potée et on l'obtient par lévigation au degré de finesse voulue. Suivant la proportion relative du plomb et de l'étain, on obtient une potée dont la couleur peut présenter toutes les nuances du gris au jaune rougeâtre. On s'en sert pour polir les verres, les glaces, etc., ainsi que pour préparer les *émaux*.

POTERIES.

POTERIES (*ang.* pottery, *all.* tœpferei). La fabrication des poteries ou pour mieux dire la céramique est une des premières et une des plus nécessaires industries auxquelles le travail de l'homme se soit appliqué, et par suite auxquelles l'art soit venu s'incorporer. Nous traiterons en parlant de l'ART INDUSTRIEL des beaux vases étrusques, des poteries grecques si élégantes, mais, en restant au point de vue de l'exécution matérielle, nous dirons qu'ils manifestent déjà dès l'antiquité, dans leur exécution, l'indication de procédés ingénieux semblables à ceux qui ont fait la juste célébrité des Lucca della Robia, des Bernard Palissy, des Wedgwood, des Boëtger, etc. Nous nous efforcerons de préciser ici les divers points qui font de la fabrication des poteries un art complet, de formuler un corps de doctrine, de présenter succinctement la théorie des diverses opérations qui, par leur réunion, composent l'ensemble des connaissances qu'on nomme aujourd'hui la Céramique.

§ I. DES POTERIES CONSIDÉRÉES DANS LEUR PASSÉ, LEUR PRÉSENT ET LEUR AVENIR.

Placées sur les bords des grands fleuves, les premières sociétés trouvaient dans les limons déposés par les eaux une matière ductile, facile à travailler, prenant et conservant sans peine, après dessiccation au soleil, une forme convenable pour divers usages, et acquérant assez de solidité pour pouvoir être transportée sans rupture à quelque distance du lieu de production. A cette première période appartiennent des poteries déjà remarquables par la forme et l'ornementation; poteries échappées pour la plupart à la destruction par une destination religieuse, qui les faisait enfouir avec la dépouille de ceux qui les avaient possédées.

Un premier progrès fut réalisé lorsqu'on découvrit qu'en soumettant les vases de terre à l'action d'une chaleur intense, on leur enlevait, avec leur fragilité, l'inconvénient de se délayer dans l'eau; il faut rapporter à cette seconde époque toute la plastique des anciens, et les poteries attribuées à l'art italo-grec ou romain.

Mais les vases qui ne sont pas cuits à des températures très élevées, ou qui n'ont pas reçu d'une composition particulière la propriété d'être imperméables, restent poreux et absorbants; un grand et nouveau progrès a donc été réalisé le jour où l'on a su recouvrir les terres poreuses d'une couche vitreuse imperméable, c'est-à-dire d'une glaçure; c'est alors et seulement alors, que les poteries ont présenté les deux éléments des poteries modernes, le corps du vase ou la pâte, et la glaçure, c'est-à-dire le vernis, l'émail ou la couverte.

Les premières glaçures qui furent employées paraissent avoir été les glaçures silico-alcalines; le vernis de plomb ne fut découvert que longtemps après, et devient l'objet d'une véritable fabrication : on le fait remonter, en dehors des spécimens exceptionnels qu'on peut citer, à l'année 1283. Cette découverte est attribuée par les historiens à la ville de Schelestadt; mais Passeri réclame en faveur de Pesaro, fabrique de Toscane, l'application du vernis plombifère, d'abord sur pâte, en l'année 1100, et deux siècles plus tard sur engobe, en 1300. Depuis ces époques, le vernis plombleux, nuisible et altérable, s'est enraciné dans les usages des classes peu fortunées, contrairement aux sages principes de l'hygiène; il résistera malheureusement longtemps encore aux tentatives faites pour le remplacer.

On ne connaissait alors que des argiles donnant au feu des pâtes plus ou moins colorées; les vernis plombeux, transparents et minces, étaient incapables de dissimuler la couleur de la terre; l'introduction de l'oxyde d'étain dans la glaçure la rendit blanche, opaque, et donna toute facilité pour cacher, sous une couche plus ou moins épaisse d'un véritable émail, le ton plus ou moins rougeâtre de l'argile cuite : la faïence émaillée, née chez les Arabes et les Maures d'Espagne, peut-être chez les Persans, se répandit en Italie, qu'elle illustra pendant les quinzième et seizième siècles. A peu près à la même époque, la faïence émaillée s'étendait en Allemagne à Nuremberg, qui devint célèbre; en France, Bernard Palissy, créait par les seules ressources de son génie des poteries émaillées d'un genre tout nouveau, et des faïences bien voisines par leurs qualités des véritables terres de pipe.

Lorsque les porcelaines de la Chine et du Japon, fabriquées dans ces contrées depuis bien des siècles, furent importées en Europe, d'abord par les Portugais, puis par les Hollandais, l'industrie des produits d'art en reçut une vive atteinte. A mesure que les porcelaines devenaient plus communes et moins chères, la faïence abandonnée par les riches ne trouva plus que des consommateurs ou trop pauvres ou trop indifférents pour que la fabrication pût se maintenir à la hauteur qu'elle avait atteinte pendant le seizième siècle.

La supériorité, comme poterie d'usage et de luxe, des porcelaines de la Chine et du Japon ne fut pas la seule cause de l'abaissement dans lequel tomba la faïence émaillée; l'émulation qu'excita la vue de ces admirables produits de l'Orient conduisit à la découverte des deux porcelaines, l'une dure, l'autre tendre. C'est en Saxe que Boëtger obtint pour la première fois en Europe de la véritable porcelaine dure. Cette découverte se répandit de 1709 à 1765 dans différentes contrées de l'Europe, malgré tous les efforts de l'Électeur de Saxe pour en conserver le monopole.

Plusieurs années avant qu'on découvrit en Saxe le kaolin et le secret de la fabrication de la porcelaine dure, on fabriquait une poterie très remarquable, dite porcelaine *tendre*, à laquelle Sèvres doit en grande partie sa première célébrité. Macquer y monta la fabrication de la porcelaine dure en 1774, avec le kaolin, découvert à Saint-Yrieix, en Limousin.

Pendant que le continent s'occupait de la fabrication de la porcelaine dure, l'Angleterre perfectionnait celle de la terre de pipe. L'introduction vers 1725 par Astbury du silex broyé dans les pâtes formées autrefois uniquement d'argile plastique, puis les travaux de Wedgwood, avaient amené vers la fin du dix-huitième siècle les poteries anglaises à un degré de perfection fort avancé. Wedgwood créait encore, vers la même époque, ses grès fins aux formes imitées de l'antique, aux sculptures pleines d'élégance et de délicatesse dans l'exécution. La fabrication de la porcelaine, de son côté, réalisait de nouveaux progrès; on découvrait les kaolins et les pegmatites altérées de Cornwal. Les grandes guerres de la Révolution n'avaient pas arrêté l'essor industriel du Royaume-Uni; celles du premier Empire n'avaient pu gêner le développement de ses ateliers, ni ralentir ses exportations. Maîtresse des mers, l'Angleterre avait vu ses débouchés s'accroître de tous ceux qu'elle avait enlevés au commerce des nations rivales.

A la paix générale de 1816, l'Angleterre possédait une fabrication très développée de ces terres de pipe perfectionnées que nous nommons cailloutages, de grès cérame, de porcelaine tendre. En variant la composition des pâtes et des vernis, Wedgwood et ses imitateurs avaient créé plusieurs sortes de poteries généralement d'un bon usage, et bien supérieures par l'aspect ou la solidité aux terres de pipe et aux faïences émaillées, c'est-à-dire à glaçures stannifères, qu'on fabriquait alors sur le continent. La bonne fabrication de ces produits et leur forme commode leur auraient

POTERIES.

conquis tous les marchés de l'Europe, si les gouvernements n'avaient pas cru devoir protéger les industries similaires par des tarifs de douane très élevés, ou même maintenu, comme en France, une prohibition complète des produits anglais. La loi du 15 mars 1791, autorisant l'importation en France de la poterie commune et de la porcelaine, avait été rapportée par le décret du 1er mars 1793, qui interdisait toute relation commerciale avec les nations coalisées contre la France, et rangeait les poteries des deux dernières espèces parmi celles dont le commerce était expressément défendu. La loi du 10 brumaire an V confirma cette prohibition, et si les lois de douane postérieures n'ont pas modifié cet état de choses, elles ont changé totalement du moins cette mesure de guerre en un moyen de protection.

Si l'exposition universelle de Londres de 1851 avait eu lieu trente ans plus tôt, elle aurait permis de constater certainement en faveur de l'Angleterre, en dépit des efforts de toutes les autres nations, une immense supériorité dans la fabrication des poteries à l'usage des classes moyennes ; mais l'exemple donné chez nos voisins et l'expérience qu'ils avaient acquise n'ont pas été sans porter leur fruit au dehors et notamment chez nous. Les progrès que l'art céramique a faits en France depuis le commencement de ce siècle sont de la plus grande importance.

Les expositions qui ont eu lieu depuis le commencement de ce siècle permettent d'établir des faits incontestables qui donnent à l'historien impartial le moyen de s'y reconnaître dans l'exposé de tous les perfectionnements dont le consommateur constate la succession rapide.

Les améliorations dont les faïences fines ont été l'objet dans toute l'Europe tirent presque toutes leur origine de l'Angleterre. Établie sur les bords du Rhin, la fabrication de la faïence fine avait pénétré chez nous. Les terres de pipe françaises, faites pour la première fois par Potter vers l'époque de la paix d'Amérique, sortirent d'assez bonne qualité d'abord des fabriques de Montereau, dirigées par un Anglais du nom de Hall; mais bientôt les fabriques de Choisy-le-Roi, de Creil, de Paris, de Chantilly, négligèrent leurs produits, la pâte devint de moins en moins cuite, et la glaçure de plus en plus tendre pour épargner le combustible. Ces éléments défectueux ne constituèrent bientôt qu'une poterie médiocre et d'un mauvais usage; une seule manufacture, celle de Sarreguemines, conserva la bonne qualité de ses produits et par conséquent sa réputation. Dans ces circonstances, vers 1824, se placent les publications de M. Saint-Amand, sur les produits anglais recueillis et examinés par lui pendant plusieurs voyages en Angleterre ; d'après Brongniart, les premiers essais d'imitation se sont succédé en 1824, 1827 et 1830. A cette époque, les établissements de Creil, de Montereau, de Choisy-le-Roi, de Toulouse, d'Arboras et de Bordeaux, ou n'existaient pas ou n'avaient rien produit d'analogue à ce que le commerce nomme actuellement porcelaine opaque. C'est donc aux idées répandues par M. Saint-Amand, et aux premières notions publiées par lui, quelque incomplètes qu'elles aient été, qu'il est juste d'attribuer l'élan que prit dans notre pays la fabrication de ces poteries; nous pouvons dans nos expositions en suivre le développement pour ainsi dire pas à pas, et les voir si mauvaises en 1829, si médiocres encore en 1834, meilleures en 1839, devenir dès 1844 presque irréprochables sous le rapport des qualités intérieures et extérieures.

Mais si l'idée, pour ainsi dire théorique, appartient à M. de Saint-Amand, c'est à la fabrique de Montereau, puis bientôt après à celle de Creil, qu'on doit la réalisation pratique de l'idée, c'est-à-dire la véritable introduction de la belle et bonne poterie dite en France *porcelaine opaque*.

En ce qui concerne plus particulièrement les faïences fines, l'Exposition de 1855 a permis de constater que les poteries à pâte fine et sonore, celles du Staffordshire, de Creil, de Montereau, de Mettlach, de Bordeaux, de Kéramis, réunissent un ensemble de qualités qui en font une poterie précieuse pour les usages domestiques; la dureté de la glaçure, la blancheur de la pâte, la variété des formes, l'éclat de l'ornementation, obtenue sous glaçures par une seule cuisson, au moyen des méthodes rapides de l'impression, font des cailloutages une poterie bien voisine des porcelaines dures, et permettront à ces produits d'occuper longtemps encore leur place sur la table des classes moyennes, servie, il y a près d'un siècle, par la faïence commune à glaçure stannifère.

Cette fabrication a toujours été mise en pratique en France dans des établissements considérables, et c'est à cette circonstance que sont dues la rapidité des progrès et la persévérance avec laquelle le succès a été poursuivi.

Les conditions d'existence des manufactures de porcelaine dure en France sont bien différentes. La fabrication de cette poterie n'a reposé le plus longtemps que sur de petits capitaux, disséminés dans plus de quarante fabriques, qui, pour la plupart, n'ont souvent qu'une existence éphémère, et qui passent de main en main. La cuisson de la porcelaine au moyen de la houille tend à grouper près des mines de houille les plus grandes manufactures de porcelaine.

Dans tout ce qui précède, nous n'avons rien dit de la poterie de terre grossière, de la poterie commune à glaçure stannifère, des grès communs vernissés ou non. Ces produits qui se font à peu près partout, et qui s'adressent principalement aux consommateurs malaisés, se consomment généralement sur place; ils doivent être livrés à des prix tellement bas, qu'il n'y a guère possibilité de les grever de frais de transport. Ces poteries, objet d'une fabrication journalière et considérable, se fabriquent en nombre immense, et la quantité va toujours en augmentant, au moins en ce qui concerne la fabrication française. Ce développement est remarquable, même en présence de la concurrence que font aux poteries de terre la fonte, la tôle émaillée et le fer-blanc qui, depuis quelques années, satisfont sous forme d'ustensiles de ménage, aux besoins les plus pressants des classes les plus nécessiteuses, et sont appliqués chaque jour à des emplois nouveaux.

La faïence commune, très répandue il y a cent ans, abandonnée par le riche, lutte à peine maintenant avec les faïences fines, qui lui enlèvent la consommation populaire comme autrefois la porcelaine l'a privée de la clientèle opulente. Toutefois, elle voit s'ouvrir devant elle un nouvel avenir; elle cherche à pénétrer dans le domaine de l'art.

L'organisation céramique anglaise diffère considérablement de celle que nous avons signalée pour la France; il peut être utile de la faire connaître ici. Loin d'être éparse sur toute la surface du territoire, elle se trouve à peu près circonscrite dans la même localité qu'on nomme pour cette raison les Potteries; c'est une partie de Staffordshire. On comptait dans cet arrondissement, à l'époque à laquelle j'y suis allé, pendant l'été de 1851, sur une étendue d'environ 1 myriamètre, 144 fabriques de cailloutage, grès cérames, porcelaines tendres, occupant plus de 60,000 ouvriers de tout sexe et de tout âge; ce chiffre représente en moyenne 417 individus par établissement.

Plusieurs cours d'eau, le canal du grand Tronc, le canal de Newcastle, traversent ce canton et mènent au pied même des fabriques, les bateaux dans lesquels on charge les produits fabriqués en échange des ma-

tières premières; une circulation par voie ferrée relie encore aux principaux points du littoral, ce centre d'une fabrication colossale.

La Suède, la Norwège et le Danemark reçoivent des quantités considérables de produits anglais; l'Italie que l'Angleterre approvisionne aussi de poteries, cherche à fabriquer par elle-même, mais de longtemps elle ne peut songer à l'exportation. En Espagne, plusieurs fabriques cherchent à perfectionner leurs poteries et l'on doit citer celle de Séville.

Quant aux pays allemands, la Prusse, l'Autriche, la Bohême, la Saxe, leur production céramique principale est la porcelaine dure; la faïence et les grès que le consommateur réclame, proviennent surtout des provinces rhénanes, dont les produits circulent au loin faute d'une concurrence sérieuse. On ne compte en dehors de Mettlach et Vandrevange que quelques petites manufactures qui fassent des faïences.

Nous placerons ici la classification des poteries de Brongniart, pour montrer l'ensemble des fabrications que constituent la céramique, nous aurons à revenir sur chacune d'elles, après une étude générale des procédés de fabrication.

I. *Poteries à pâte tendre*, argilo-sableuse, calcarifère, généralement fusible au feu de porcelaine.
- 1° *Terres cuites* (briques, tuiles, terres cuites).—Pâte argilo-sableuse, surface mate; sans glaçure.
- 2° *Poteries lustrées*. — Glaçure mince silico-alcaline.
- 3° *Poteries vernissées*.—Glaçure plombifère.
- 4° *Poteries émaillées* (faïence commune). — Glaçure stannifère.

II. *Poteries à pâte dure*, opaque, argilo-siliceuse; infusible.
- 5° *Faïence fine*. — Pâte incolore : glaçure vitro-plombique.
- 6° *Grès-cérame*. — Pâte colorée; sans glaçure ou avec glaçure silico-alcaline.

III. *Poteries à pâte dure*, translucide, argilo-siliceuse, alcaline, ramollissable.
- 7° *Porcelaine dure*. — Pâte kaolinique; glaçure feldspathique.
- 8° *Porcelaine tendre naturelle*. — Pâte argilo-saline, phosphatique, kaolinique; glaçure vitro-plombique, boracique.
- 9° *Porcelaine tendre artificielle*.— Pâte marno-saline, frittée; glaçure vitro-plombique.

§ II. PROCÉDÉS GÉNÉRAUX DE FABRICATION DES POTERIES.

Lorsqu'on examine attentivement toutes les poteries, quelle que soit leur nature, quelles que soient les qualités qu'elles possèdent, on est frappé du caractère de généralité que ces sortes de produits présentent et qui permet de les séparer en deux grandes classes: les *poteries simples* et les *poteries composées;* c'est-à-dire les poteries mates et les poteries à glaçure.

J'appellerai poteries simples celles qui sont homogènes dans toute leur texture, qui présentent partout, à l'intérieur comme à l'extérieur, c'est-à-dire sur leur surface, les mêmes matières terreuses ou vitreuses, plastiques ou non plastiques, associées de la même manière. Les poteries simples peuvent être formées de divers matériaux mélangés en diverses proportions, pourvu qu'ils soient toujours réunis partout de la même manière. Les poteries que j'appelle composées sont formées au contraire de matières de compositions différentes, non réparties uniformément dans la masse. Dans presque toutes les poteries composées, le corps de la pièce est une poterie simple, recouverte sur toute la surface ou sur une partie seulement de sa surface, d'une couche vitreuse généralement très mince, qui reçoit suivant la composition chimique qui lui est propre, les noms de *vernis*, *émail*, *couverte*, et que je nommerai *glaçure*. L'enduit peut être terreux; ce sera l'engobe de certaines poteries, dont nous avons parlé dans l'article DÉCORATION CÉRAMIQUE.

Dans tous les cas, la fabrication des poteries exige l'intervention du feu : une température plus ou moins élevée devient nécessaire pour donner au corps de pâte une dureté, une solidité, une imperméabilité suffisantes; on peut prendre une idée de l'influence du feu sur le développement de ces propriétés, en comparant une assiette de porcelaine crue, une assiette dégourdie et une même pièce cuite au grand feu des fours à porcelaine.

La glaçure exige aussi l'emploi d'une température élevée. C'est un verre appliqué par couche mince sur la surface de la poterie, et l'on sait que les matières pulvérulentes destinées à donner des verres ont besoin, pour prendre l'aspect vitreux, d'une température au moins égale à la chaleur rouge.

Ainsi, que les poteries soient simples ou composées, leur fabrication implique la connaissance la plus complète des terres et des verres, celle des agents de combustion et des combustibles. On peut dire avec raison que la céramique est l'étude spéciale des composés que la chimie désigne sous les noms de silicates, borates, phosphates, etc., alcalins terreux et métalliques, simples ou multiples.

Le potier de terre devrait être familiarisé non seulement avec le langage chimique, mais avec les notions les plus étendues de cette science, car si quelques-uns des silicates qu'il emploie sont directement fournis par la nature, beaucoup de ces corps doivent être préparés par lui, suivant ses besoins et dans des conditions voulues de pureté; le fabricant doit savoir reconnaître les substances qu'il met en œuvre, vérifier la composition par les propriétés, passer des formules aux poids au moyen des calculs convenables, et s'assurer par lui-même de l'état de pureté dans lequel on lui livre les matériaux qu'il doit transformer, et qu'il n'a pas économie à faire préparer sous ses yeux.

Les réactions qui se passent sous l'influence de la chaleur au contact des divers éléments que le potier met en jeu sont essentiellement du domaine de la chimie : l'aspect particulier que présente le composé formé, quant à la fusibilité, devient un sujet intéressant de recherches, et personne ne niera que l'étude de la fusibilité des silicates, des borates et des phosphates ne résume toutes les connaissances du fabricant de poteries. Tous ses efforts doivent en effet se diriger vers ces différents buts :

Diminuer la fusibilité pour établir des pâtes qui puissent résister à la déformation, acquérir de la résistance sans fragilité, etc.

Augmenter la fusibilité, pour obtenir des vernis (glacure, lustre, émaux, couvertes).

Mettre en rapport la fusibilité de la glaçure, avec la composition de la pâte, afin d'éviter le coulage, le ressui, le truitage.

S'opposer aux réactions qui peuvent intervenir entre les éléments des glaçures et ceux des pâtes, lorsque ces réactions ont pour effet de faire naître des précipitations d'oxydes ou de sels basiques qui, ne se dissolvant plus, donneraient à la surface un aspect rugueux.

Corriger ces défauts quand, accidentellement, ils se sont produits. Dans tous les actes de la fabrication des poteries, ces notions sont indispensables, ainsi que nous allons l'établir.

Tout produit céramique doit être examiné sous quatre points de vue très différents : la composition, le façonnage, la cuisson et la décoration. Nons ne dirons rien de ce dernier objet, que nous avons suffisamment étudié à l'article DÉCORATION.

A la composition se rattache la connaissance de

décomposer tout le carbonate de chaux, une partie de ce sel se retrouve à l'état de calcaire; une autre partie existe à l'état de silicate. Lorsqu'on traite par l'eau pure la pâte de ces poteries, on enlève encore de la chaux, qui se trouve hors de combinaison et qui ne saurait exister qu'à l'état de chaux caustique. Sous l'influence de l'air, cette chaux reprend son acide carbonique pour se transformer en carbonate de chaux avec augmentation de volume; cette circonstance doit ajouter aux autres causes de détérioration du produit sous l'influence de la gelée; il faut donc, par une cuisson convenable, engager la chaux décomposée dans une combinaison plus stable avec l'acide silicique. Ces inconvénients, joints à ceux qui résultent déjà de la porosité, doivent se présenter dans les briques marneuses dont la cuisson n'aurait pas été faite à une température suffisamment élevée.

Acide sulfurique. — Cet acide ne peut se rencontrer que dans les poteries cuites à basse température, et dans une atmosphère oxydante; il peut provenir du sulfate de chaux ou du sulfate de baryte. Nos expériences nous ont démontré qu'il n'en reste pas dans les pâtes de porcelaine dure, dont la composition comporte quelquefois d'assez fortes proportions de gypse.

Acide phosphorique. — Quant à l'acide phosphorique, on le rencontre en forte proportion dans les pâtes de porcelaine tendre anglaise; il provient du phosphate de chaux, qui fait la base de ces sortes de produits. On peut le rencontrer aussi dans les pâtes de boutons phosphatiques préparées avec le dosage de M. Bapterosse. Il ajoute à la fusibilité et quelquefois à l'opacité du produit, qui prend une sorte d'opalescence.

Ces considérations sur les effets produits par l'introduction de ces divers éléments dans les pâtes de porcelaine et des poteries moins perfectionnées, nous forcent à modifier l'opinion de Brongniart, qui séparait à titre général les éléments qui composent les poteries en principes essentiels et en principes accessoires. Il nous semble qu'en considérant seulement comme essentielles l'alumine et la silice, on se ferait une idée fausse de la fabrication des produits qui, comme les porcelaines dures ou tendres, par exemple, doivent à d'autres éléments, chaux, potasse, soude, leur transparence, c'est-à-dire leur caractère principal. On ne pourrait comprendre la fabrication des faïences communes, qui ne possèdent leurs propriétés fondamentales, application d'un émail opacifié par l'oxyde d'étain, qu'à la condition de présenter à la glaçure un excipient calcarifère.

Les pâtes cuites contiennent, en plus des éléments que nous venons d'énumérer, un principe à peu près essentiel qui joue dans la fabrication un rôle important, tant au point de vue de l'économie du façonnage qu'à celui de la réussite des pièces : je parle ici de l'eau.

L'eau que la chaleur chasse de sa combinaison avec le silicate d'alumine n'existe plus dans la pâte cuite, si toutefois la cuisson s'est faite au-dessus de 150 degrés. Quelques poteries en retiennent encore environ 10 pour 100, mais ces poteries sont à peine cuites, et rien ne prouve qu'elles n'aient été simplement soumises à la chaleur solaire.

L'eau développe la plasticité dans les argiles; il est essentiel par conséquent d'imbiber la pâte; mais comme, à la cuisson, cette eau ne se dégage pas sans exercer des efforts, il est convenable de prendre, au moment de la dessiccation et de la cuisson, certaines précautions. Toutefois, nous devons dire que si la plasticité, qui rend économique la fabrication de la grande généralité des poteries, est indispensable dans certains cas, elle ne l'est que lorsqu'on fait usage de quelques méthodes déterminées; dans d'autres conditions, elle n'est pas absolument nécessaire, comme, par exemple, lorsqu'on opère au moyen du coulage ou par moulage mécanique effectué sur des pâtes pulvérulentes. L'eau n'est pas au surplus le seul agent qui donne la plasticité voulue. On obtient une plasticité tout artificielle, en ajoutant aux pâtes qui n'en ont aucune des matières mucilagineuses telles que le lait, l'huile, la colle de peau, le savon vert. Dans certaines limites, l'eau combinée dans les pâtes crues n'est donc pas elle-même un élément indispensable.

POTERIES.

§ IV. PRÉPARATION DES PATES.

Sous quelle forme convient-il d'introduire, dans la fabrication que nous étudions, les éléments dont nous venons de reconnaître et d'apprécier le rôle? Quels sont les matériaux auxquels on les emprunte?

En général, les uns sont pris dans la nature, et c'est le plus grand nombre; les autres proviennent d'une préparation spéciale, ce sont des produits d'art. On peut classer ces différents matériaux soit sous le point de vue de leur nature, soit sous le point de vue du rôle qu'ils jouent dans la fabrication. Cette méthode serait la plus naturelle, s'il ne s'agissait point de produits pour lesquels il faut tenir compte des différentes températures de cuisson. Or, dans telles circonstances données, une même substance a des effets tout opposés. C'est ainsi que la chaux qui ne fond pas devient un élément très actif pour faciliter la fusion, quand elle est unie à des proportions convenables d'argile et que le mélange subit à la fois une température suffisamment élevée.

Néanmoins, en regardant comme essentielle la plasticité de la pâte, point de départ des procédés mécaniques de fabrication, on est autorisé dans le plus grand nombre des cas à distinguer parmi les matériaux employés dans l'art céramique ceux qui sont plastiques et ceux qui ne sont pas; ces deux sortes de matériaux ont, en effet, leur utilité, leur rôle dans la fabrication.

Si, d'une part, la plasticité de la pâte permet un façonnage rapide, une ébauche facile, une trop grande plasticité, d'autre part, s'opposerait à la rapidité du tournage, et principalement à la dessiccation uniforme de la pièce fabriquée; il existe donc pour le fabricant un intérêt réel à diminuer la plasticité lorsqu'elle est trop développée dans les matériaux plastiques qui composent la pâte dont il fait usage. On donne le nom de matières dégraissantes aux substances qui remplissent ce double but, d'enlever une trop grande plasticité et de faciliter le départ de l'eau d'imbibition ou de combinaison, soit à la dessiccation, soit au four. Malaguti se sert du mot *antiplastique* pour désigner la qualité de ces matières; nous croyons l'expression heureuse; car elle peint parfaitement le but que l'on veut atteindre.

Les matières plastiques sont :

1° Les *argiles plastiques*, employées plus spécialement dans la fabrication des faïences fines et des terres cuites en grès.

2° Les *argiles figulines* qui sont la base des terres cuites, desquelles on n'exige pas les qualités réfractaires.

3° Les *argiles marneuses*, auxquelles les faïences communes doivent leur propriété de recevoir une glaçure stannifère.

4° Les *marnes argileuses*, dont l'usage est le même que celui des précédentes, mais auxquelles on ajoute des argiles plastiques ou figulines.

5° Nous classerons encore dans ce groupe les collyrites, les cymolites, les talcs, qui n'ont été jusqu'à ce jour employés que dans des circonstances très rares.

6° Les marnes calcaires et limoneuses sont encore employées; mais leur plasticité très faible les ferait classer aussi bien parmi les matériaux antiplastiques.

7° Les éléments les plus importants de cette classe, si l'on tient compte de la valeur vénale, sont les kao-

lins, espèces d'argiles dont nous avons donné les qualités et l'histoire détaillée dans notre article ARGILE (*Complément*), où il est traité de ces matériaux qui se rencontrent avec tant d'abondance et qui sont la base des porcelaines dures.

Les matières dégraissantes sont beaucoup plus nombreuses et plus répandues sur la surface du globe ou plus faciles à produire dans les ateliers industriels. On distingue ;

1° Le quartz (sable ou silex) ;
2° Les feldspaths, l'orthose, l'albite et la pegmatite ;
3° Le ciment et les escarbilles ;
4° La craie, le sulfate de chaux, le sulfate de baryte ;
5° Le phosphate de chaux ;
6° Les frittes vitreuses.

Au sujet de ces éléments, nous ferons remarquer comme nous l'avons vu pour les alliages métalliques multiples (voyez l'article ALLIAGES), que l'ordre dans lequel on combine les éléments est de la plus grande importance, et que, toutes choses égales d'ailleurs, en inversant cet ordre, on pouvait obtenir des produits de composition chimique identique mais ayant cependant des propriétés essentiellement différentes. Ici, un phénomène analogue se présente ; il ne suffit pas, pour obtenir des poteries d'une nature donnée, d'arriver à combiner ensemble les éléments simples dans les proportions indiquées par l'analyse, mais il est encore indispensable que les matières premières de la fabrication, qui renferment les éléments simples, présentent à peu près les mêmes modes de combinaison et d'agrégation que les matériaux ordinairement employés dans la composition de cette sorte de poterie.

Préparation mécanique. — Les matériaux que nous venons de nommer n'entrent dans la fabrication qu'après avoir été lavés et broyés. On procède généralement par broyage, écrasage, délayage et décantage. Le broyage comporte le cassage, le pilage et la porphyrisation.

Ces opérations sont rendues plus économiques et plus rapides quand on les fait précéder de la *calcination*, qui, sans apporter de modifications dans la composition chimique des matériaux à broyer, fait naître un grand nombre de fissures qui les rendent fragmentables. La calcination offre encore cet autre avantage de rendre plus facile un épluchage soigné ; elle détermine des différences de coloration qui rendent possible l'élimination des parties ferrugineuses, point important lorsqu'on se propose de fabriquer des poteries comme les porcelaines, pour lesquelles la plus grande blancheur est de rigueur.

Nous allons décrire ces appareils, mais nous ferons observer qu'il importe, à la fin de leur travail, de vérifier si le broyage est suffisant. A cet effet, on compare les matières à des poussières prises pour *étalon :* on choisit donc un bocal cylindrique pouvant contenir 500 grammes environ, divisé dans sa hauteur en parties égales. Si l'on délaye 250 grammes de matière broyée dans 500 grammes d'eau, et qu'on observe le temps que cette matière mettra pour se déposer et prendre un niveau déterminé, on aura tous les éléments nécessaires pour faire la comparaison, en admettant toutefois que toute matière de même nature, amenée par le broyage au même état de ténuité, doive se comporter de la même manière. Si le temps mis par la poudre pour atteindre le niveau marqué sur le vase est moins court que dans l'expérience *normale*, il faudrait nécessairement prolonger le broyage. Ces méthodes, auxquelles il faut joindre le craquement sous la dent ou même entre les ongles des deux pouces, suffisent, quoique purement empiriques, dans la pratique des arts céramiques.

Certains liquides augmentent la viscosité de l'eau, comme d'autres, au contraire, hâtent la précipitation des matières que ce liquide peut tenir en suspension. Le vinaigre, une solution faible de gomme arabique, ont une influence très marquée sur la lenteur avec laquelle s'effectue le dépôt. La température à laquelle l'expérience se fait, influe sur les résultats. Il est donc indispensable, comme le fait remarquer Brongniart, d'opérer toujours dans les mêmes circonstances.

L'écrasage s'effectue quelquefois au moyen de cylindres cannelés, mais le plus souvent au moyen de meules verticales analogues à celles que nous avons décrites à l'article HUILE (figures 1210 et 1211 du même article), et qui sont munies de râteaux qui ramènent sous les meules la matière qui n'est pas suffisamment broyée. On crible ensuite ces matières et on achève de les broyer sous des meules horizontales ; ces meules sont ordinairement en grès dur, en quartzite ou en granit. Elles sont quelquefois entièrement disposées comme les meules des *moulins à farine ;* d'autres fois, l'arbre qui fait tourner la meule courante vient d'en haut, passe dans l'axe de la meule courante, qui est percé et garni d'un œil carré en fer, et vient s'appuyer sur une crapaudine encastrée dans la meule gisante.

Nous donnerons, comme exemple, l'ancien atelier de broyage de Sèvres, qui se composait de trois petits moulins et d'un grand, comme l'indique l'élévation, fig. 1. La manière dont ces petits moulins sont mis en mouvement est représentée dans l'élévation, figure 2, prise à angle droit avec la précédente. Enfin la figure 3 donne l'élévation de la roue hydraulique motrice, du grand moulin et des tonnes servant au lavage par dépôt des kaolins et des matières broyées. X, est la roue hydraulique motrice, et Y le déversoir qui l'alimente ; des manchons d'embrayage, permettent d'arrêter à volonté les meules, indépendamment de la roue hydraulique. Les meules des petits moulins ont 0m,70 de diamètre. Ces moulins se composent d'une tonne en bois sans fond, et reposant sur une plateforme en pierre ; au-dessus se trouve la meule gisante qui laisse entre elle et les parois de la tonne un vide annulaire de 0m,10 environ, que l'on remplit presque entièrement avec une doublure en bois qui se termine en forme d'entonnoir à sa partie supérieure, afin de diriger entre les meules la matière à broyer ; on fait écouler les matières broyées par un orifice en avant duquel se trouve un registre que l'on tient fermé pendant le broyage. La meule courante a exactement le même diamètre que la meule gisante ; cette meule est quelquefois ovale, mais le plus souvent elle est circulaire. On y pratique alors une échancrure uniforme qui occupe environ 1/6 de sa circonférence, et on facilite l'engrenage de la matière à broyer entre les meules, en pratiquant dans la meule courante, à sa partie inférieure et du côté de l'échancrure qui vient dans le sens du mouvement, un biseau d'engrenage ; on pique en outre cette meule en dessous. On voit sur la figure comment le mouvement de l'arbre moteur est transmis aux moulins par des roues d'angle, dont l'une, celle qui glisse sur l'axe, peut être embrayée ou désembrayée à volonté.

La meule courante pèse environ 300 kil. ; recouverte de 100 kil. de feldspath pulvérisé et de 50 kil. d'eau, elle perd environ 200 kil. de son poids et n'agit plus qu'avec une pression de 100 kil. Suivant le docteur Ure, il convient de lui donner une vitesse de rotation de 11 à 12 tours par minute ; on broie, dans ce cas, 100 kil. de feldspath ou 75 kil. de quartz par quarante-huit heures et par meule. D'après Brongniart, on n'imprimerait généralement aux meules, en France, qu'une vitesse de 4 tours par minute, avec une charge de 40 à 80 kil. de matière à la fois, et, dans ces circonstances, on ne broierait que 60 kil. de sable siliceux, ou 80 kil. de feldspath, par quarante-huit heures.

Le grand moulin O, fig. 1 et 3 est une importation anglaise; la meule courante unique est remplacée par trois gros blocs de pierres dures, poussés par des bras ou palettes fixées à un arbre vertical mû par les roues

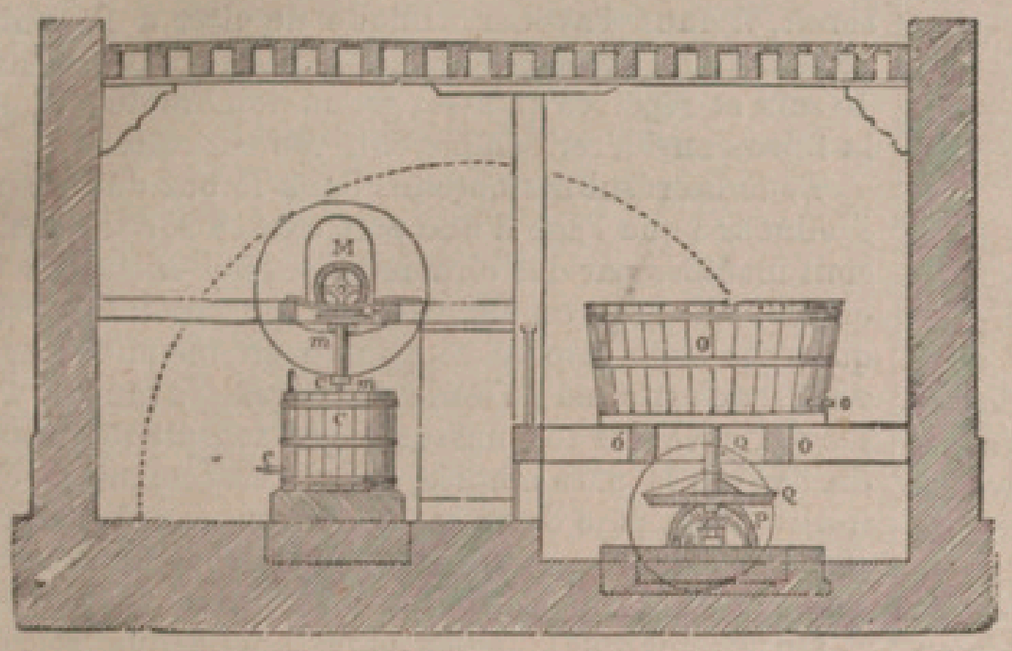


Fig. 1.

d'angle P, Q, avec une vitesse de 8 tours par minute. Chaque pierre ou bloc mobile doit peser au moins 100 kil; on peut avec ces moulins broyer 10 kil. de matière dure par heure.

Il arrive quelquefois, par suite d'un ralentissement trop grand, et surtout d'une suspension de mouvement vers la fin du broyage, que les matières broyées s'accumulent entre les meules, et les collent l'une avec l'autre avec une telle force qu'il devient extrêmement difficile de les séparer. Il n'y a que les matières pierreuses qui *plombent* ainsi les meules. Les terres et les argiles non seulement n'ont pas cette propriété, mais encore elles la neutralisent lorsqu'elles se trouvent mêlées avec les matières pierreuses. On pare en partie à cet inconvénient en mêlant du vinaigre à l'eau de délayage. Pour prévenir le bris des engrenages, en cas de plombage des meules, on a introduit dans l'embrayage des rondelles de cuir fortement comprimées. Lorsque l'effort résistant devient trop considérable, les faces intérieures des parties métalliques glissent sur les rondelles de cuir, qui peuvent même être carbonisées et détruites par la chaleur que dégage le frottement. On obtient ainsi un véritable débrayage, le manchon d'embrayage devenant fou, lorsque l'effort résistant dépasse certaines limites, et par l'effet même de cet effort.

Les matières broyées sont ensuite soumises au lavage par décantation, qui s'opère comme pour les matières plastiques; seulement le délayage est beaucoup plus facile.

La seconde série des opérations, que comporte la préparation des pâtes, a pour but d'obtenir un mélange aussi homogène que possible des matières premières préparées comme il vient d'être dit.

On effectue les mélanges et on remplace le travail de la pâte qui était autrefois pétrie, soit avec les pieds de l'ouvrier, opération connue sous le nom de *marchage*, soit par le *battage* à la main, l'action par des

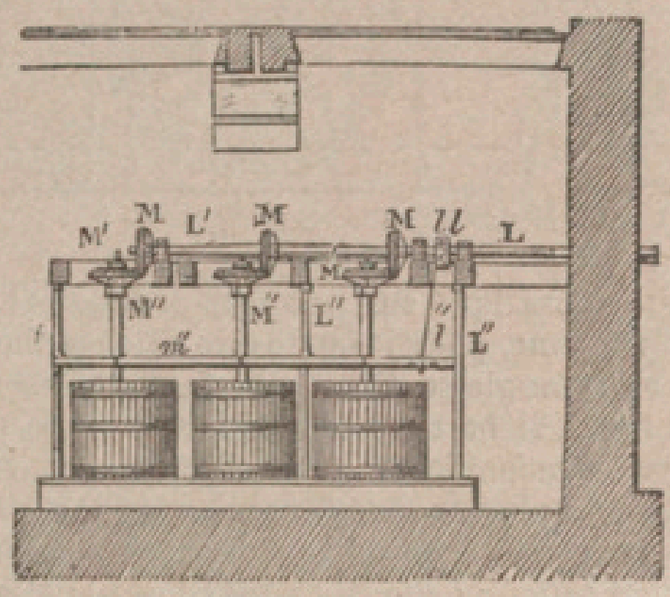


Fig. 2.

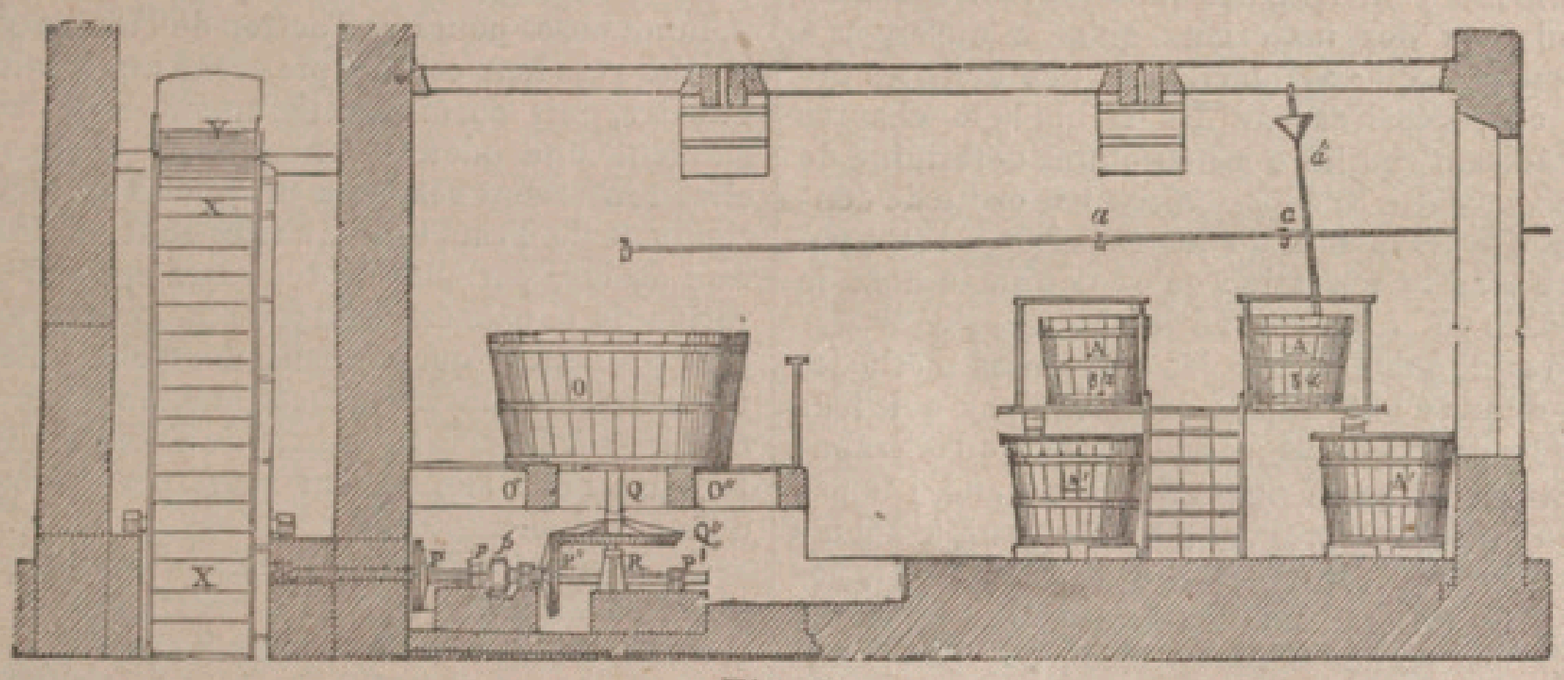


Fig. 3.

tonnes à mélanger dont le fonctionnement a été expliqué à l'article MORTIER et qui sont représentés figures 4 à 7.

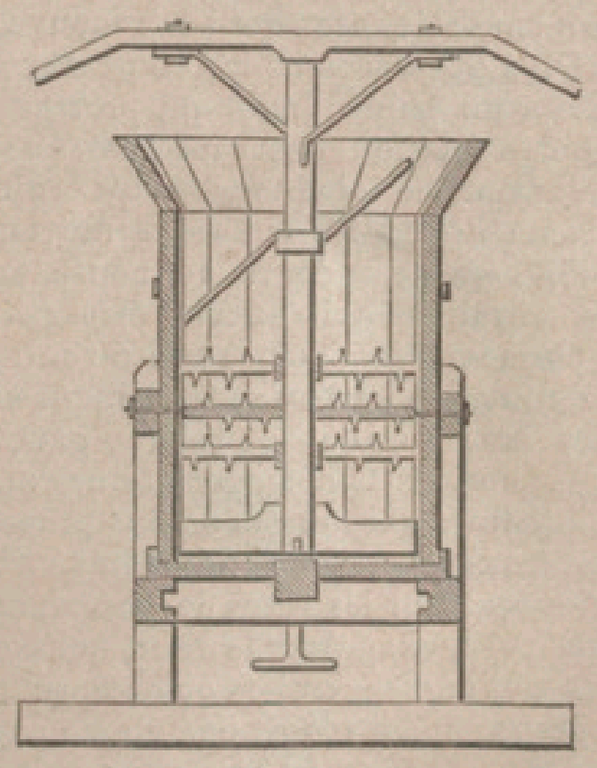


Fig. 4.

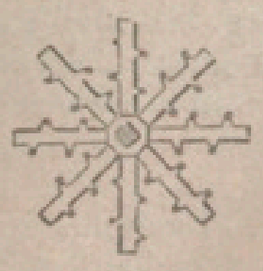


Fig. 5.

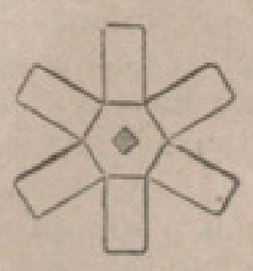


Fig. 6.

La figure 4 est la coupe verticale, représentant l'axe qui est mis en mouvement; les figures 5 et 6 des

formes de rateaux montés sur l'arbre, et la figure 7 le fond du tonneau.

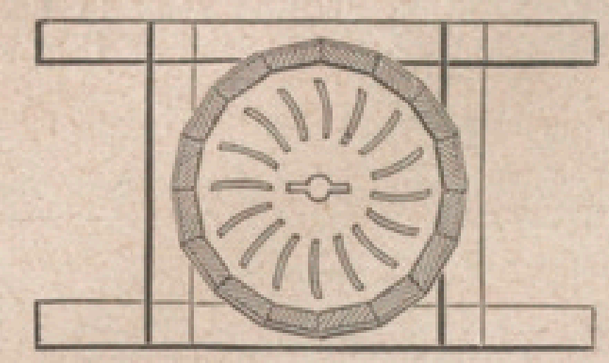


Fig. 7.

On a pratiqué sur une très grande échelle ce dernier système, pour les pâtes de faïence fine dans la fabrication anglaise. On a remplacé de la sorte le travail à la main, le battage, ou la marche de la pâte, par des moyens mécaniques d'une grande puissance et de beaucoup plus économiques.

Quelques fabrications grossières peuvent employer la pâte telle qu'elle sort des tines à malaxer; il n'en est plus de même pour les pâtes fines dont les éléments sont fournis par des matériaux qu'on a mélangés à l'état de bouillies claires, amenées à des densités déterminées et contrôlées par des trébuchets chargés d'un poids faisant équilibre à un volume déterminé de la bouillie. Ces pâtes se déposeraient par ordre de densité, si l'on n'avait le soin de les ramener à l'état pâteux : c'est à cette opération qu'on donne le nom de ressuage ou de raffermissement de pâtes.

En cherchant à dénommer les différentes méthodes employées dans ce but, d'après les principes qui leur servent de base, on enlève à la pâte l'eau qu'elle contient en excès : 1° par évaporation spontanée; 2° par évaporation aidée du concours de la chaleur, à l'ébullition ou à des températures inférieures; 3° par évaporation aidée du concours des matières absorbantes et poreuses; 4° par filtration sans pression; 5° par filtration au moyen de la compression.

On sait, d'après les expériences qu'ont faites différentes manufactures, qu'à composition identique, la pâte pressée acquiert plus de plasticité que les pâtes raffermies par ébullition; mais cette méthode est dispendieuse à cause des sacs dont le renouvellement est fréquent. On a proposé pour les conserver de les faire bouillir dans un bain d'huile qui protège la fibre ligneuse contre l'action énervante et dissolvante de l'eau, agissant même à la température ordinaire.

La pâte, amenée par les différents moyens que nous venons d'indiquer au degré de consistance désirée pour être travaillée, doit encore être pétrie, battue, maniée, pour acquérir l'homogénéité voulue, seule capable de donner une masse se travaillant avec succès, c'est-à-dire sans chances de rebuts, gauchissements, fentes, trous, etc. Cette homogénéité des masses qu'on cherche à produire par tous les engins propres à battre, à malaxer, à rebattre encore les pâtes raffermies, est surtout atteinte pour les pâtes de porcelaine dans l'opération de l'ébauchage sur le tour, qui consiste à façonner des cylindres grossiers qu'on appelle *mandrins*, pleins ou creux, qu'on réduit ensuite en copeaux auxquels on donne le nom de *tournassures;* le mélange de ces tournassures avec des pâtes neuves constitue des pâtes qui présentent toutes les meilleures qualités comme facilité de travail, régularité de cuisson, etc.

On ajoute encore aux qualités de ces pâtes par un moyen détourné. Les fabricants admettent généralement que les pâtes anciennes se travaillent mieux que les pâtes nouvelles, qu'elles se gauchissent et se fendent beaucoup moins, soit en séchant, soit en cuisant.

On s'accorde à reconnaître que les argiles et les marnes lavées gagnent, pour faire les faïences communes, à l'exposition aux intempéries des saisons la

POTERIES.

gelée, le froid. Les Chinois conservent, dit-on, leurs pâtes pendant plus de cent ans avant de les employer. On accepte en France, en Angleterre, en Allemagne l'influence de la conservation des pâtes pendant plusieurs années sur l'économie de la fabrication; mais il serait, il faut l'avouer, difficile de citer à l'appui de cette opinion des expériences précises, faites avec assez de soin et répétées un assez grand nombre de fois, pour la faire considérer comme entièrement exacte.

Tous les résultats obtenus dans le but de constater l'influence que l'âge d'une pâte exerce sur ses qualités sont modifiés par des circonstances qui ont une action efficace, et dont on ne s'est pas préservé. C'est ainsi qu'on laissait la pâte se pourrir en même temps que vieillir; c'est ainsi qu'on la mélangeait, avant de l'employer, avec des tournassures qui représentent en définitive de la pâte maniée, pétrie et remaniée, c'est-à-dire de la pâte dans les conditions les plus avantageuses d'une grande facilité de travail, offrant les chances d'un succès presque certain.

On a remarqué que les pâtes, quelle que soit leur nature, abreuvées d'humidité, réunies en masses assez volumineuses pour que l'action de l'air ne s'étende pas jusque vers leur centre, prennent une couleur d'abord grisâtre, puis ensuite entièrement noirâtre; elles répandent une odeur prononcée d'hydrogène sulfuré; elles conservent ces deux propriétés tant qu'elles contiennent de l'eau, tant qu'elles sont abritées du contact de l'air par une écorce assez épaisse. Cette coloration de la pâte est d'autant plus prompte et d'autant plus prononcée que les eaux dont elle est abreuvée se trouvent être moins pures. Mais la coloration noire disparaît à l'air, il se dégage de l'acide carbonique, et la liqueur que l'on obtient renferme de l'oxyde de fer à l'état soluble.

Or la retraite des pâtes pourries étant moins grande que celle des pâtes neuves, les défauts que présentent ces dernières diminuent dans les pâtes qui ont subi la putréfaction : on a cherché les moyens d'accélérer la pourriture dans les pâtes nouvellement composées. Les eaux marécageuses, les eaux de fumier la développent en raison de l'espèce de fermentation qui s'y établit; les garnisseurs font pourrir la barbotine qui leur sert à faire les collages. Brongniart expliquait l'influence de la pourriture sur les pâtes neuves par le mouvement moléculaire auquel donnait lieu la fermentation putride, pendant laquelle il devait se produire des particules gazeuses.

Les causes qui déterminent l'amélioration résultant pour les pâtes céramiques de la pourriture et de l'ancienneté, sont encore tellement obscures qu'on n'a présenté jusqu'à ce jour, pour en expliquer l'influence, que des hypothèses; une pareille étude est difficile, et pour être traitée convenablement et par l'expérience, elle exige un temps qui manque généralement aux manufacturiers; l'interprétation que je propose, si l'analyse venait me donner raison, me semble de nature à jeter un grand jour sur cette question; elle est purement hypothétique quant à présent, mais elle est si simple, elle rend si bien compte de tous les faits observés, qu'elle me paraît excessivement probable.

L'eau pure n'est nullement apte à communiquer aux pâtes céramiques les bonnes qualités qu'elles tiennent de la pourriture; mais l'eau chargée de matières en putréfaction peut, au contraire, dans certaines conditions, toutefois mal définies, les développer d'une manière notable. On s'accorde à reconnaître que dans l'acte de la pourriture utile, il se développe une quantité très sensible d'hydrogène sulfuré. Ce gaz prend naissance très vraisemblablement par suite de la transformation du sulfate de chaux en sulfure de calcium sous l'influence de certaines matières organiques, et se dégage quand ce sulfure se trouve en contact avec

l'acide carbonique de l'air. La coloration de la pâte en noir, son blanchiment à l'air libre, s'expliquent par la formation du sulfure de fer noir brûlant à l'air libre, et s'échappant, avec les eaux de lavage, à l'état de sulfate de fer à réaction acide, qui dégage une certaine partie de l'acide carbonique abandonné par le calcaire introduit à dessein dans les pâtes de porcelaine de Sèvres.

Or, on sait que, dans certaines localités, cette réaction du sulfate de chaux sur les matières organiques, qui donne naissance à des dégagements considérables d'hydrogène sulfuré, se trouve accompagnée de la formation d'une substance particulière glaireuse. Ne peut-on pas supposer que cette matière devient la la cause de la plus grande plasticité que prend la pâte dans les circonstances de la pourriture ? On n'ignore pas d'ailleurs qu'on donne à la pâte une certaine plasticité par des mélanges appropriés.

Quant à l'ancienneté, nous avons avancé, M. Ebelmen et moi, dans notre travail sur les matières employées, en Chine, à la fabrication de la porcelaine dure, qu'un long séjour des pâtes sous l'eau pouvait bien déterminer la décomposition d'une partie de l'élément feldspathique qu'elles renferment. Nous avons trouvé, en effet, par des analyses précises, que les pâtes de la Chine paraissent être composées de 1 partie de kaolin pour 1 de pétro-silex, tandis que les documents synthétiques les plus dignes de foi s'accordent à donner 2 de pétro-silex pour 1 de kaolin. L'altération du feldspath suivie de la dissolution d'une certaine quantité de potasse fournit une nouvelle proportion de l'élément plastique; cette décomposition peut être, du reste, facilement admise, car pendant la végétation, les roches granitiques fournissent aux plantes, assez rapidement même, les alcalis nécessaires à leur développement. La transformation kaolinique doit être, en outre, sollicitée par le jeu des décompositions particulières dans lesquelles la pourriture prend son origine, et nous avons déjà dit que l'action prolongée de l'eau sur les silicates alcalins devait avoir pour résultat forcé la formation d'un silicate d'alumine privé de silicates alcalins (voyez ARGILE).

Une dernière observation que nous ferons sur ce sujet porte sur les améliorations que la pâte doit subir sous le rapport de sa pureté, lorsqu'on s'occupe de la porcelaine. L'oxyde de fer est le plus grand obstacle à la blancheur; il est évident que la pourriture des pâtes tend à l'éliminer à l'état de sulfate soluble; l'expérience prouve, en effet, que des pâtes primitivement colorées en jaune, parce qu'elles avaient admis dans leur composition des kaolins ferrugineux, ont fini par donner des pâtes presque irréprochables sous le rapport de la blancheur, lorsqu'on les avait laissées suffisamment pourrir.

§ V. FAÇONNAGE DES PATES.

Les pâtes pétries, malaxées et pourries, lorsqu'on juge que cette dernière opération est utile, nécessaire même à l'économie de la fabrication, sont amenées dans des ateliers spéciaux dans lesquels on leur donne la forme que le consommateur réclame.

On peut diviser en deux classes les procédés de façonnage. Les uns ont pour but d'ébaucher les pièces, les autres ont pour objet de les terminer. Il est certaines fabrications grossières qui ne comporteraient pas les dépenses qu'on ajouterait à l'ébauche; il est aussi des moyens d'ébauche assez parfaits pour donner presque immédiatement et de premier jet, en quelque sorte, des pièces terminées.

Parmi les procédés d'ébauchage, on distingue :

1° L'ébauchage à la main, au colombin ou à la balle;

2° L'ébauchage au ballon et sur le tour;

POTERIES.

3° Le moulage comprenant le calibrage, le coulage et le tréfilage, ou moulage à la presse.

On nomme achevage l'ensemble des procédés variés qui ont pour but de terminer les pièces. Il comprend diverses opérations distinctes, savoir :

1° Le tournassage, comprenant le guillochage et le godronnage;

2° Le réparage, comprenant l'évidage et le sculptage;

3° Le molletage et l'estampage;

4° L'applicage et le collage.

L'*ébauchage* des pièces se fait ordinairement sur un *tour à axe vertical;* à la partie inférieure cet axe porte une roue massive qui sert de volant, et que l'ouvrier met en mouvement avec le pied. Cet appareil qui remonte à l'antiquité la plus reculée et qui convient essentiellement pour exécuter des formes de révolution, c'est-à-dire celles de stabilité maximum pour des vases qui doivent renfermer un liquide, est représenté fig. 8.



Fig. 8.

L'ouvrier habitué à modérer instinctivement, à l'aide du pied, la vitesse de rotation, en raison du travail de la main, acquiert une grande habileté qu'il ne retrouve pas de suite avec des tours mus mécaniquement; néanmoins lorsqu'on a un grand nombre de tours à faire mouvoir à la fois, et que l'on forme une nouvelle population ouvrière, on emploie avec avantage comme moteur commun une roue hydraulique ou une machine à vapeur.

Pour *ébaucher au tour* une pâte quelconque, l'ouvrier prend une masse de pâte humide proportionnée à la pièce qu'il veut faire, il la met sur la tête du tour, mouille ses mains avec de la *barbotine*, c'est-à-dire avec une bouillie claire de cette pâte, met le tour en mouvement, et amène peu à peu la pâte à prendre la forme voulue en se servant de ses mains, et souvent d'une éponge qui est destinée à étendre la surface de ses doigts. Un seul instant passé dans une fabrique de poteries fera mieux comprendre cette opération que les descriptions les plus détaillées. On augmente au besoin la hauteur de la pièce ébauchée, en rapportant successivement des colombins de pâte à sa partie supérieure.

On avait cru pendant longtemps qu'il n'était pas possible de faire usage de tours mus à la vapeur. On sait aujourd'hui qu'il est très avantageux de faire mouvoir mécaniquement tous les tours d'un même atelier; il faut toutefois ménager à chaque tourneur

POTERIES.

la possibilité de ralentir ou d'accélérer, d'arrêter même le mouvement de son tour sans gêner en rien le mouvement de celui de son voisin. On y arrive au moyen de freins qui sont placés à proximité de chaque tour, et qui permettent de régler le mouvement des arbres indépendamment les uns des autres. Dans les importantes fabriques, des tours ainsi montés mus au moyen de surfaces de friction mobiles et de pédales, servent à ébaucher par moulage et tournage. Ce résultat avance la solution, et de la manière la plus heureuse du difficile problème de l'ébauchage mécanique sur le tour.

L'opération de l'ébauche sur le tour prend alors une grande régularité; personne n'ignore que la fabrication sur le tour est l'une des plus délicates de l'industrie de la porcelaine. Quelles précautions cette opération exige-t-elle ? Répondre à ces questions c'est exposer la théorie des opérations du tournage. Nous allons entrer dans quelques détails.

Nous avons dit que toute pâte céramique doit, pour pouvoir entrer dans une fabrication régulière, présenter une homogénéité des parties et des masses. C'est en

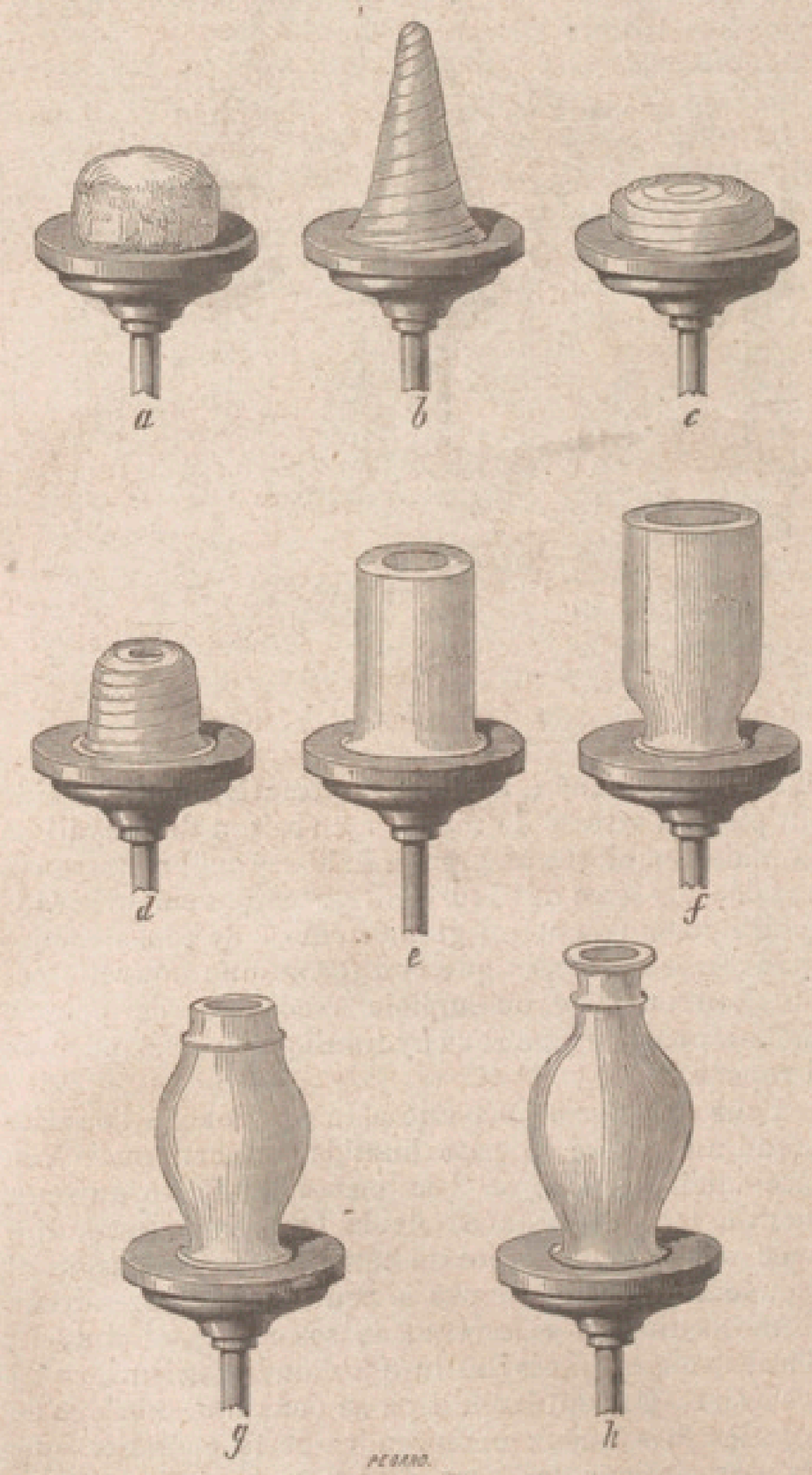


Fig. 9.

raison de cette circonstance que les tourneurs élèvent puis abaissent, relèvent, pour abaisser encore, la masse informe qui doit devenir une tasse, une coupe, un vase. On peut voir dans la figure 9 la série des formes par lesquelles doit passer, par exemple, un ballon de pâte pour devenir une bouteille à conserver l'encre.

Pour comprendre comment des produits ne se déforment pas à la cuisson. il faut considérer la pièce ébauchée comme formée par une lame de pâte hélicoïdale qui s'appliquerait sur une surface de révolution occupant le milieu de l'épaisseur de la pièce. C'est en sens inverse du mouvement qui a développé cette bande de pâte, c'est-à-dire en sens inverse du mouvement rotatoire du tour, que la retraite a lieu pendant la cuisson. Or, il faut, pour qu'il n'y ait ni déchirures ni fentes, que toutes les particules qui composent la pièce, celles du haut, celles du bas, celles de l'intérieur de la pâte, aient, lors de la retraite, la même direction et la même fraction de longueur. Elles ne suivront cette direction que lorsqu'elles auront toutes et tour à tour reçu l'impression de la main du tourneur, élevant et aplatissant la masse lenticulaire sous laquelle se présente tout d'abord le ballon qui doit fournir l'ébauche. Cet usage, qui ne souffre pas d'exception, n'aurait ainsi d'autre but que d'entraîner toutes les molécules d'une pièce dans une direction unique.

Certaines pièces, par leurs dimensions, ne peuvent s'ébaucher sur le tour; on les élève alors à la main, au moyens de colombins ou boudins de pâte successivement.

La pâte de porcelaine plus que toute autre pâte, en raison de sa fusibilité propre, est ébauchée sous une épaisseur considérable; cette pratique a moins pour effet de s'opposer à la fente ou à la déformation, que d'éloigner le plus possible de la pièce réelle les surfaces interne et externe de l'ébauche terminée. Ces surfaces ont reçu toutes les pressions successives qui ont amené la transformation de la masse lenticulaire, et dont l'influence n'est plus aussi sensible à une certaine distance. On a donc d'autant plus de chances d'éviter les vissages, qu'on ira chercher plus au loin dans le bloc de l'ébauche la pièce qu'on veut fabriquer.

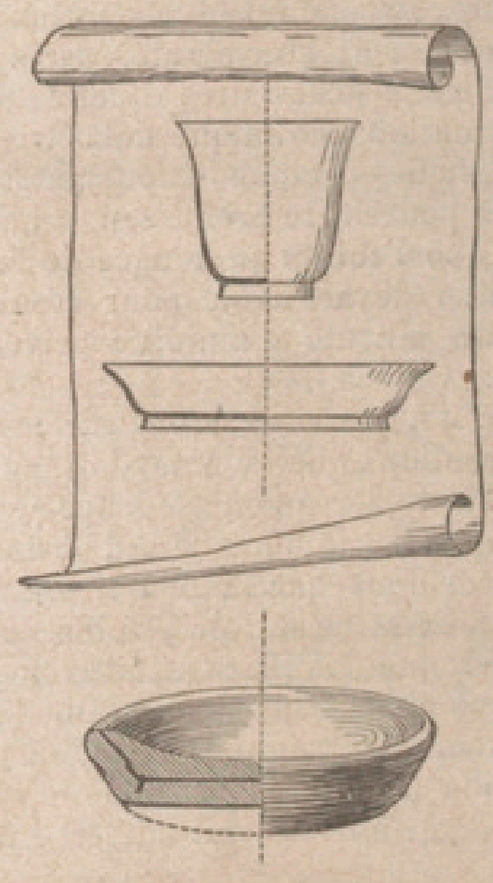


Fig. 10.

La figure 10, qui représente une coupe de l'ébauche d'une soucoupe conforme au dessin donné, fait bien voir la place occupée dans l'ébauche par la pièce elle-même.

Du moulage. — Le moulage, peut se diviser en moulage à la presse, s'exerçant sur pâte sèche ou simplement mélangée d'une substance très agglutinative, et moulage en pâte molle, à la balle, à la croûte, à la housse, s'exerçant sur la terre réduite à la consistance pâteuse, molle et plastique.

On a fait, dans ces derniers temps, l'application la plus heureuse du mode de façonnage par l'emploi de la presse à la fabrication des briques creuses et des tuyaux de drainage. C'est encore à l'aide de la presse qu'on fabrique les énormes tuyaux pour conduites d'eau ou pour cheminées que le commerce rencontre aujourd'hui. Nous indiquons dans la figure qui suit

la disposition en usage (voyez AGRICULTURE et BRIQUES CREUSES).

Un fort cylindre en fonte, fixé d'une manière invariable dans une position bien verticale, après avoir été rempli de pâte dans l'état voulu pour un travail rapide, se vide par l'effet d'un piston qui monte et descend alternativement au moyen d'une crémaillère (fig. 11).

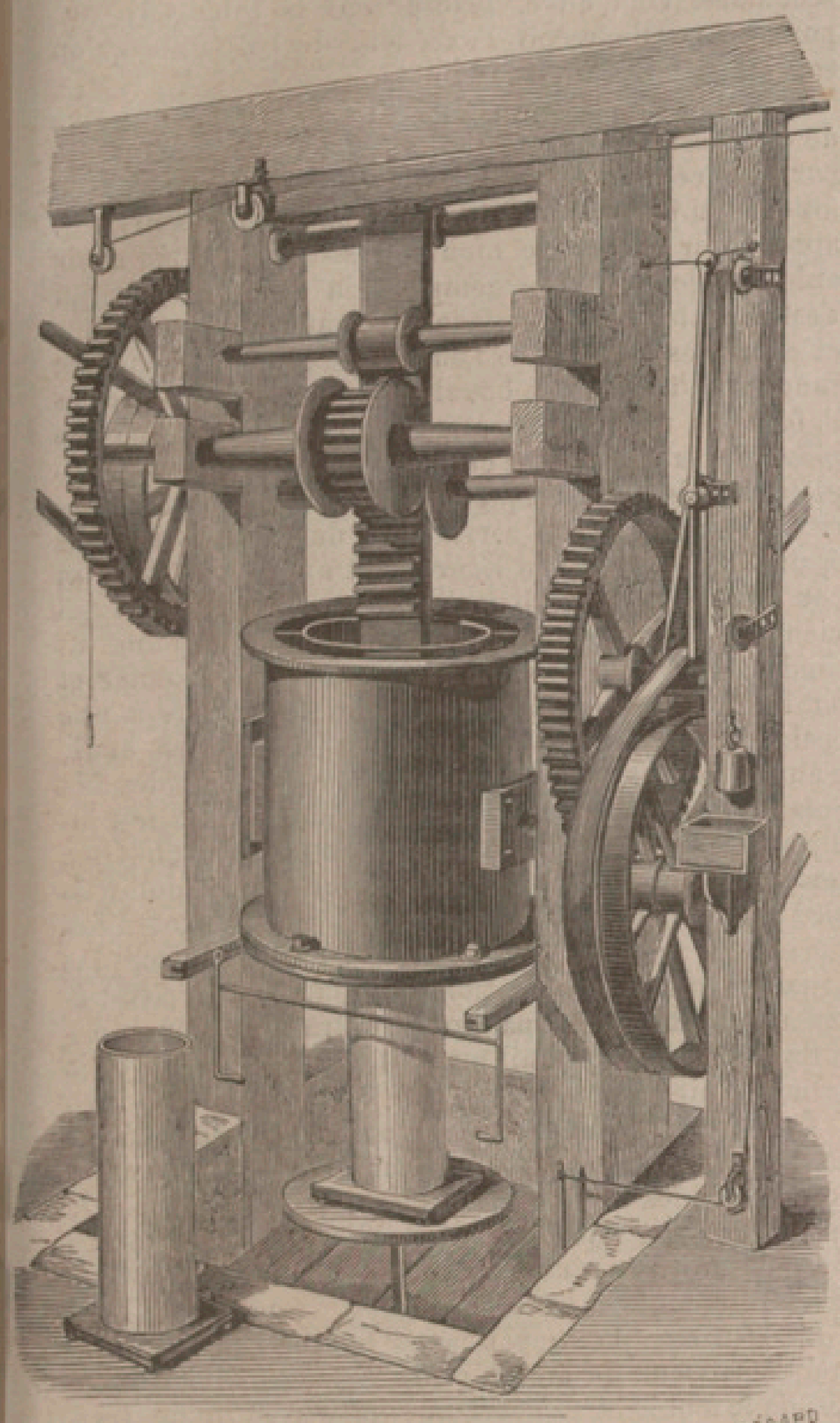


Fig. 11.

La pâte comprimée dans le cylindre ne peut s'échapper que par une ouverture annulaire qui se trouve dans le fond du cylindre. A l'intérieur, on voit par la coupe (fig. 12), une sorte de noyau suspendu, solidement fixé sur des traverses métalliques, dont le but est d'arrêter la descente du piston; elles sont élevées à l'intérieur pour que la fissure qu'elles forment ait le temps de se ressouder sur elle-même; le noyau forme avec la couronne qui sert de base au cylindre un espace annulaire qui détermine la section du tuyau de drainage. Il est reçu à sa sortie du cylindre sur une tournette qui descend avec lui, puis coupé de la longueur voulue.

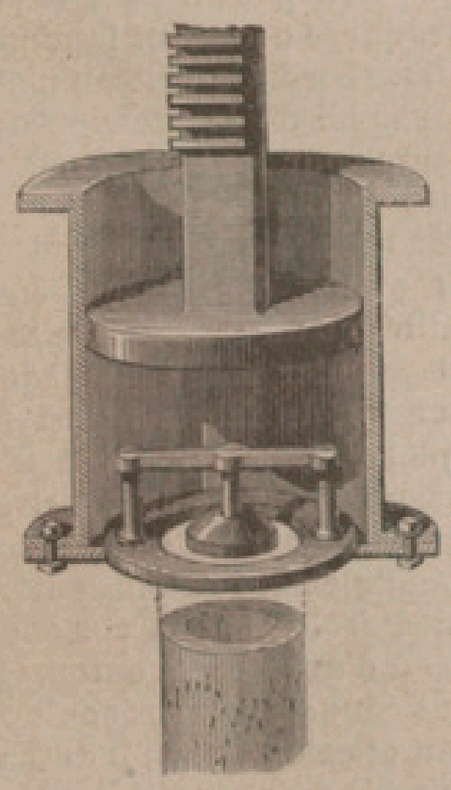


Fig. 12.

J'ai vu dans plusieurs établissements en France une disposition semblable employée pour la confection des tuyaux de cheminées dans le système Gourlier, avec cette seule modification qu'il y a deux cylindres au lieu d'un seul. Ils sont fixés sur un chariot qui glisse sur des rails, et se place de telle sorte que lorsque l'un des cylindres est en travail, l'autre est en charge à droite ou à gauche en dehors de l'action du piston; il n'y a pas de temps perdu, comme dans la première disposition que nous avons décrite (voyez art. AGRICULTURE, fig. 36, les machines servant à fabriquer les tuyaux de drainage).

Coulage. — Le moulage se pratique sur les pâtes liquides; on a donné le nom de *coulage* à ce procédé spécial. Nous entrerons ici dans quelques détails au sujet de ce dernier mode de façonnage, surtout à cause de l'extension considérable qu'il a reçue dans la manufacture de Sèvres depuis ces dix dernières années : on s'en est servi dans plusieurs circonstances pour obtenir soit des pièces si minces, qu'il eût été difficile de les obtenir par les procédés du tournage ordinaire, soit des pièces d'une dimension et d'une épaisseur telles, qu'il eût été de toute impossibilité de les mouler ou de les ébaucher au tour. C'est ainsi que des tasses minces comme des coquilles d'œufs et de grandes jattes chinoises ont été faites avec une rare perfection par le procédé du coulage.

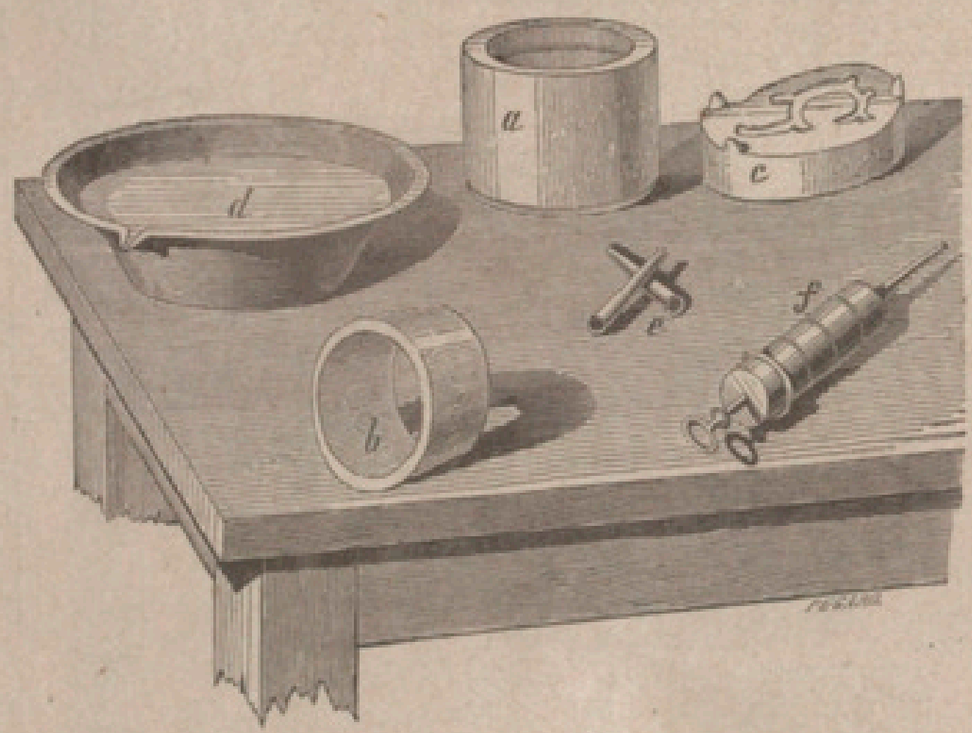


Fig. 13.

Un moule en plâtre (fig. 13), donne intérieurement la forme que la pièce doit avoir; une ligne tracée sur la partie supérieure donne la hauteur. On l'emplit de barbotine, on verse, après quelques minutes, l'excédent de pâte, puis on la laisse adhérente au moule se ressuyer un peu; on met sur le tour le moule, on le centre, et, avec une lame, on détache sans effort le bord supérieur de la pièce moulée; la dépouille se fait tout naturellement, et, pour éviter la déformation, on place sur un renversoir *b* la tasse tirée du moule; la dessiccation s'opère spontanément. Le pied de la tasse se rapporte quand la pièce est faite; on le prend dans un mandrin de pâte ébauché sur le tour, on le colle comme à l'ordinaire, et l'on finit l'ouverture de la tasse en coupant à la hauteur voulue l'excédent indiqué par le trait que donne directement le moule.

Les anses sont creuses; on les fait par coulage dans des moules en plâtre *c;* mais comme la barbotine qu'on verserait dans ces moules ne tarderait pas à boucher l'entrée du creux en s'y fixant, on injecte le liquide à

POTERIES.

l'aide d'une petite pompe aspirante et foulante *f*. On ajuste à cet effet, sur l'ouverture d'entrée et sur le trou de sortie, deux tubes minces en cuivre *e*, et par l'un de ces tubes on chasse avec la pompe assez de barbotine prise dans le vase *d*, pour qu'elle s'élève au niveau supérieur du second tube. Si l'anse doit avoir une certaine épaisseur, on répète l'injection, mais en prenant pour orifice d'entrée celle qui servait d'orifice de sortie dans l'expérience précédente; on opère de la même manière. Si la largeur du canal évidé de l'anse est considérable, on doit avoir le soin de retourner le moule de façon que la face supérieure devienne l'inférieure, afin que toutes les parties aient, autant que possible, la même épaisseur. On évite ainsi, le liquide séjournant les deux fois dans les mêmes parties inférieures, que le fond prenne plus d'épaisseur que les points donnés par la coquille supérieure.

Les soucoupes de tasses minces sont aussi préparées par le coulage; il faut éviter que le flot de barbotine, en arrivant dans le moule, n'éclabousse et n'occasionne un frémissement qui se traduit sur la pièce cuite par des ondulations. Dans ce but, on dispose sur le moule un faux bord incliné, métallique, sur lequel le jet de barbotine s'aplatissant déverse sans secousse le flot dans l'intérieur du plâtre.

On a pu voir aux Expositions de Londres et de

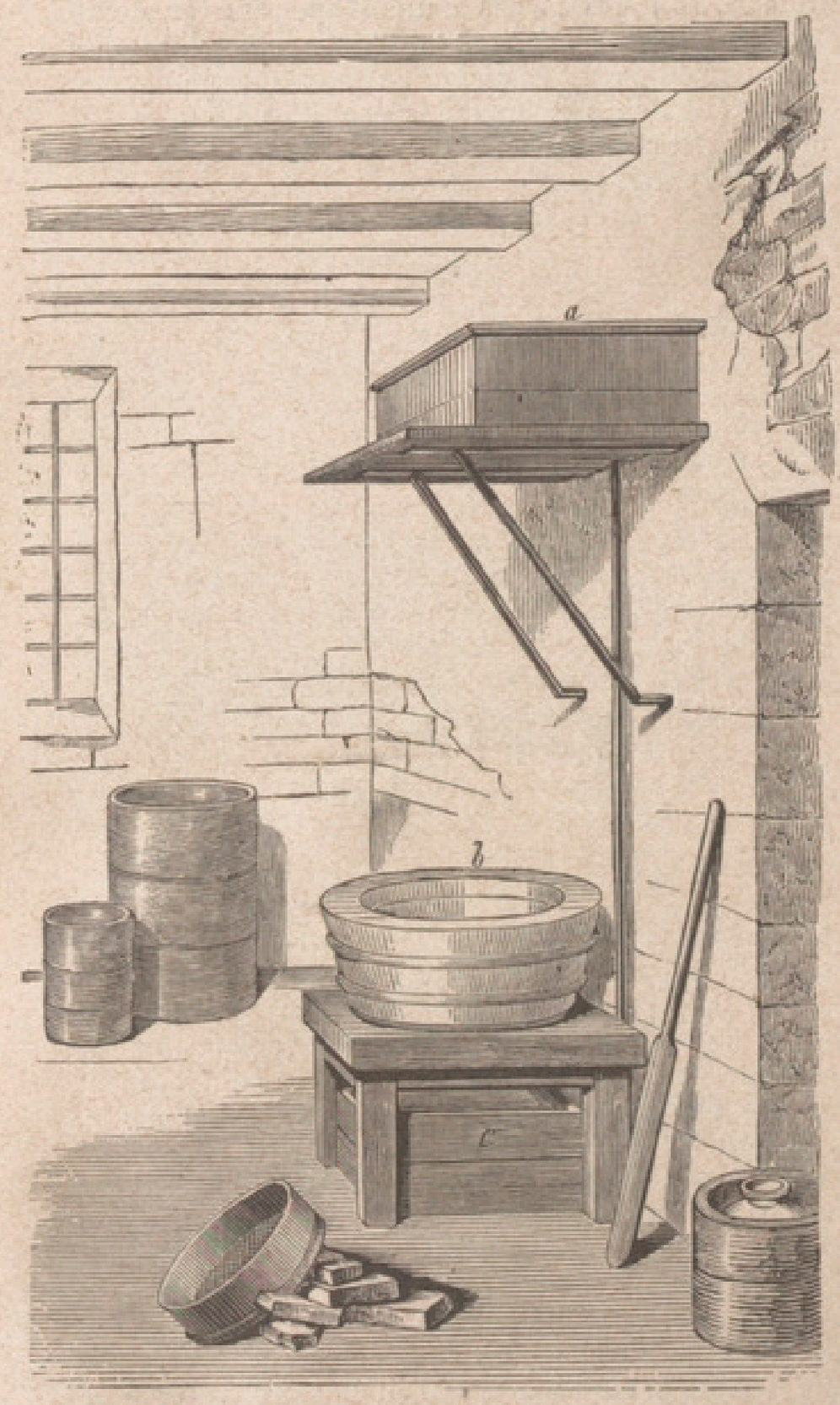


Fig. 14.

Paris de grandes jattes de forme chinoise de $0^{m},83$ de diamètre. On peut se faire une idée de la manière dont on procède par l'inspection de la figure 14.

a représente la bâche qui fournit la barbotine, et *b* le moule percé d'un trou à la partie inférieure : un tuyau qui s'ajuste dans ce trou introduit par le bas la pâte liquide, qui monte graduellement sans bulles ni secousses. Une cuve, placée sous la table qui supporte le moule, reçoit l'excédent de barbotine qu'on soutire au moyen d'un robinet.

S'il n'est pas déjà sans difficulté de couler une pièce de cette dimension, les difficultés s'accroissent encore par la nécessité de boucher le trou qui transperce le fond de la pièce. On s'y prend de la manière suivante: après avoir nettoyé le moule, c'est-à-dire après avoir enlevé avec une lame compacte la partie de pâte qui s'est épanchée sur la surface horizontale qui le termine, et coupé les bavures de l'ouverture pratiquée dans le fond et qu'il s'agit de boucher, on laisse tomber dans le fond du moule, par cette ouverture, un bouchon de plâtre parfaitement sec et bien ajusté, pour qu'il complète la calotte sphérique que présente la partie inférieure du moule. On verse alors de la barbotine très épaisse qu'on mélange légèrement avec les parties un peu raffermies qui limitent l'ouverture à boucher et qui vient s'y souder d'une manière intime. On donne au fond formé de la sorte une assez grande consistance, et on le finit par un tournassage qui le ramène à une épaisseur convenable. Le pied de la jatte est coulé d'autre part, et sert de support à la pièce pendant la cuisson au grand feu: il reste indépendant, on le réunit par des liens métalliques après toute cuisson. On a remarqué que toutes les fois qu'on voulait coller le pied soit en pâte, soit au moyen de la glaçure, les différences de retraite, occasionnées par la distance des deux centres de contraction de la jatte et du pied nécessairement coulés séparément, entrainaient ou le décollage, si le collage était mal fait, ou la casse lorsque le collage était bien fait.

On a modifié le procédé de coulage d'une manière heureuse pour en obtenir sûrement les plateaux qui complètent les cabarets minces. Au lieu de remplir le moule de pâte liquide, on fait glisser légèrement ce moule dans un bain de barbotine. Le moule se recouvre extérieurement et intérieurement de pâte raffermie d'une épaisseur en rapport avec le temps de l'immersion, l'épaisseur du moule et la viscosité du bain. On nettoie le moule au dehors; on enlève avec un couteau la pâte adhérente sur la face horizontale, en même temps qu'avec une pointe on détache légèrement, pour faciliter la dépouille, le faux bord du plateau. On examine attentivement s'il ne se fait pas quelques fissures pendant la dessiccation et la retraite qui l'accompagne, et on arrête par un trait de pointe et en travers toutes celles qui se déclarent tant qu'elles restent sur le champ du faux bord. Ce plateau n'a pas de pied.

L'emploi de la pression de l'air ou du vide est nécessaire pour les très grandes pièces. Nous donnerons ici des détails sur la pratique de Sèvres, et les travaux de M. Renard qui dirige cette fabrication, sur laquelle on a publié des renseignements très précis et très détaillés qu'on sera bien aise de rencontrer ici.

Le premier point sur lequel il convient d'appeler l'attention du fabricant est la préparation des moules de plâtre. Lorsqu'il s'agit d'une pièce de grande dimension, d'un vase de 1 mètre de hauteur par exemple, le mouleur est obligé de couper la forme ou noyau horizontalement en plusieurs parties, dont chacune est moulée isolément; à cet effet, elle est portée sur le plateau d'un tour et entourée d'un cylindre en feuilles de zinc; l'ouvrier coule le plâtre gâché entre le noyau et ce cylindre; il devra pendant cette opération remuer la masse à l'aide d'un bâton, de manière à ce qu'au moment où le plâtre prendra, elle soit aussi homogène que possible; malgré ces précautions, on ne peut empêcher que, par l'action de la pesanteur, les fragments les plus denses du plâtre ne se déposent les

POTERIES.

premiers : ils se précipiteront naturellement sur la surface du plateau ou sur les parties déclives du noyau; le moule présentera donc des inégalités très grandes au point de vue de la porosité. Comme ce défaut existe dans chacun des morceaux qui auront été successivement préparés, on voit que, lorsqu'ils seront superposés pour le coulage de la pièce, l'ensemble du moule sera formé de zones de porosité différentes, qui absorberont inégalement l'eau de la barbotine. Nous verrons plus loin les inconvénients qui en résultent et la manière de les éviter.

Le moule terminé est séché à l'étuve; il arrive fréquemment dans ces conditions qu'il se forme à la surface du plâtre une croûte dure qui, sans inconvénient pour l'extérieur du moule, est nuisible à l'intérieur, parce qu'elle en diminue considérablement la faculté d'absorption. On peut éviter ce défaut en badigeonnant avec de la barbotine claire les surfaces qu'il faut préserver; mais M. Renard conseille de préférence de fermer hermétiquement le moule, de façon à ce que l'intérieur soit à l'abri du contact de l'air chaud : on évite ainsi le durcissement du plâtre qui résulte d'une dessiccation trop brusque.

Arrivons à l'opération même du coulage.

Il faut tout d'abord examiner s'il convient d'adopter la disposition par la pression d'air ou par le vide : la forme des objets déterminera ce choix. Une pièce très ouverte, comme une grande jatte, doit être coulée « par le vide » à cause de la difficulté qu'il y aurait à maintenir en place le disque obturateur, s'il atteint une très grande dimension; il en est de même pour les vases de forme ovoïde. Au contraire, une pièce allongée et rétrécie du haut, est plus facile à couler « par la pression de l'air » que « par le vide » qui entraînerait l'emploi d'une cloche longue, peu stable par conséquent; les vases ovoïdes, de $0^m,40$ à $0^m,50$ de hauteur, seront également coulés par pression. De toutes façons, il ne faut pas oublier que l'opération par le vide doit être préférée chaque fois que la forme des objets s'y prête, parce que ce procédé permet de suivre et de diriger la marche du raffermissement, tandis que par la pression on ne peut plus rien voir une fois l'appareil fermé et l'on n'opère plus qu'au jugé.

Coulage avec pression d'air. — Le moule en plâtre étant mis en place sur la plaque de coulage et la barbotine ayant été bien et longuement agitée pour qu'elle soit homogène et qu'elle ne renferme plus de bulles d'air, on ouvre le robinet qui met le réservoir de barbotine en communication avec la partie inférieure du plateau, en prenant la précaution de jeter auparavant quelques litres d'eau au fond du moule; la pâte en montant pousse devant elle cette eau qui mouille légèrement le plâtre et régularise l'ascension de la pâte dont elle empêche ainsi les mouvements saccadés. Quand le moule est entièrement rempli, on laisse encore arriver la barbotine jusqu'à ce qu'elle en dépasse un peu le niveau supérieur et que, s'étalant sur toute l'épaisseur du plâtre, elle forme une sorte de bourrelet épais; l'absorption du liquide commence presque aussitôt et, en conséquence, le niveau baisse; on fait arriver une nouvelle quantité de barbotine et on continue ainsi, en en réglant l'écoulement de manière à maintenir le moule toujours plein; on prolonge cette opération jusqu'à ce que la couche qui s'épaissit contre les parois soit jugée suffisante, ce qui dépend de la dimension, la forme ou la construction du vase : la durée du coulage peut varier de une à cinq heures.

L'épaisseur voulue ayant été obtenue, il s'agit de laisser descendre la pâte et de soutenir en même temps la pièce par la pression de l'air; on coupe rapidement le bourrelet dont j'ai parlé plus haut, on fait remonter une dernière fois la pâte un instant, cinq ou dix minutes au plus, pour former un nouveau bourrelet, mais qui devra, cette fois, être extrêmement mince, puis on place sur le moule un disque destiné à former le joint du haut, et qui, percé dans son centre, sert en même temps de conduite pour l'air comprimé; on consolide ce disque avec une presse à vis et, l'appareil ainsi disposé, on ouvre le robinet de sortie tout en manœuvrant la pompe à air (fig. 15).

Si le bourrelet n'existait pas, l'air, dès les premiers

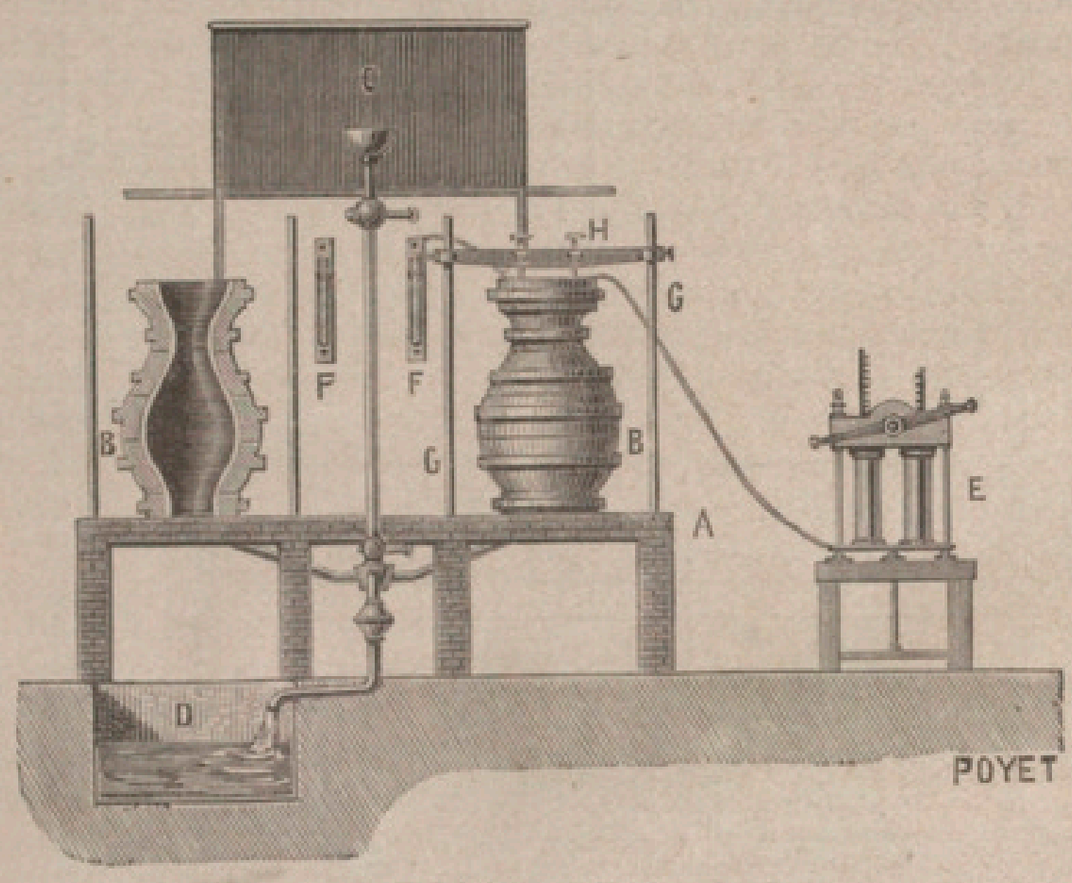


Fig. 15.

coups de piston, pénétrerait entre le moule et la pièce, ce qui perdrait cette dernière infailliblement; il a donc pour but de maintenir une fermeture hermétique, mais il ne doit en même temps présenter qu'une faible résistance, car, dès que la barbotine s'est écoulée, la pièce commence à se retraiter, et il faut qu'au premier mouvement de descente elle puisse se dégager, sinon elle se fissurera.

Aussitôt que la pièce commence à se détacher du moule, l'air pénètre dans le moule, et on voit baisser le manomètre qui est en communication avec la pompe à air; il faut alors, sans perdre un instant, enlever la presse, le disque et la partie supérieure du moule lui-même, pour faciliter autant que possible le mouvement de retraite de la pièce; enfin, une heure ou une heure et demie plus tard, il faut enlever la partie inférieure du moule, ce qu'on réalise en supportant par le milieu le système entier; la pièce et ce qui reste du moule sont, en réalité, suspendus en l'air.

Toutes ces précautions destinées à faciliter le mouvement de retraite de la pâte sont nécessaires pour éviter les fissures. Nous verrons, dans un instant, comment on peut atténuer les chances d'accident.

Coulage avec vide. — L'opération par le vide suit les mêmes phases que celles qui viennent d'être décrites.

Il est bon, pour avoir une surface bien unie, de ne faire le vide que trois heures environ après qu'on a fait monter la pâte; sans cette précaution, les imperfections qui existent dans le moule et dont nous avons parlé plus haut, se traduiront à la surface du vase par des ondulations auxquelles on ne pourrait plus remédier.

Le premier bourrelet doit être conservé, on le coupe au moment de détacher la pièce (fig. 16).

Le coulage par le vide, outre les avantages que

nous avons signalés plus haut, permet de donner aux pièces une épaisseur plus grande que celle qu'on obtient dans le procédé par la pression. Voici comme il convient, d'après M. Renard, d'opérer lorsqu'on veut dépasser 3 centimètres (à la base des pièces) ce qui est l'épaisseur maximum obtenue d'ordinaire. On coule la pièce normalement, on la fait tenir par le

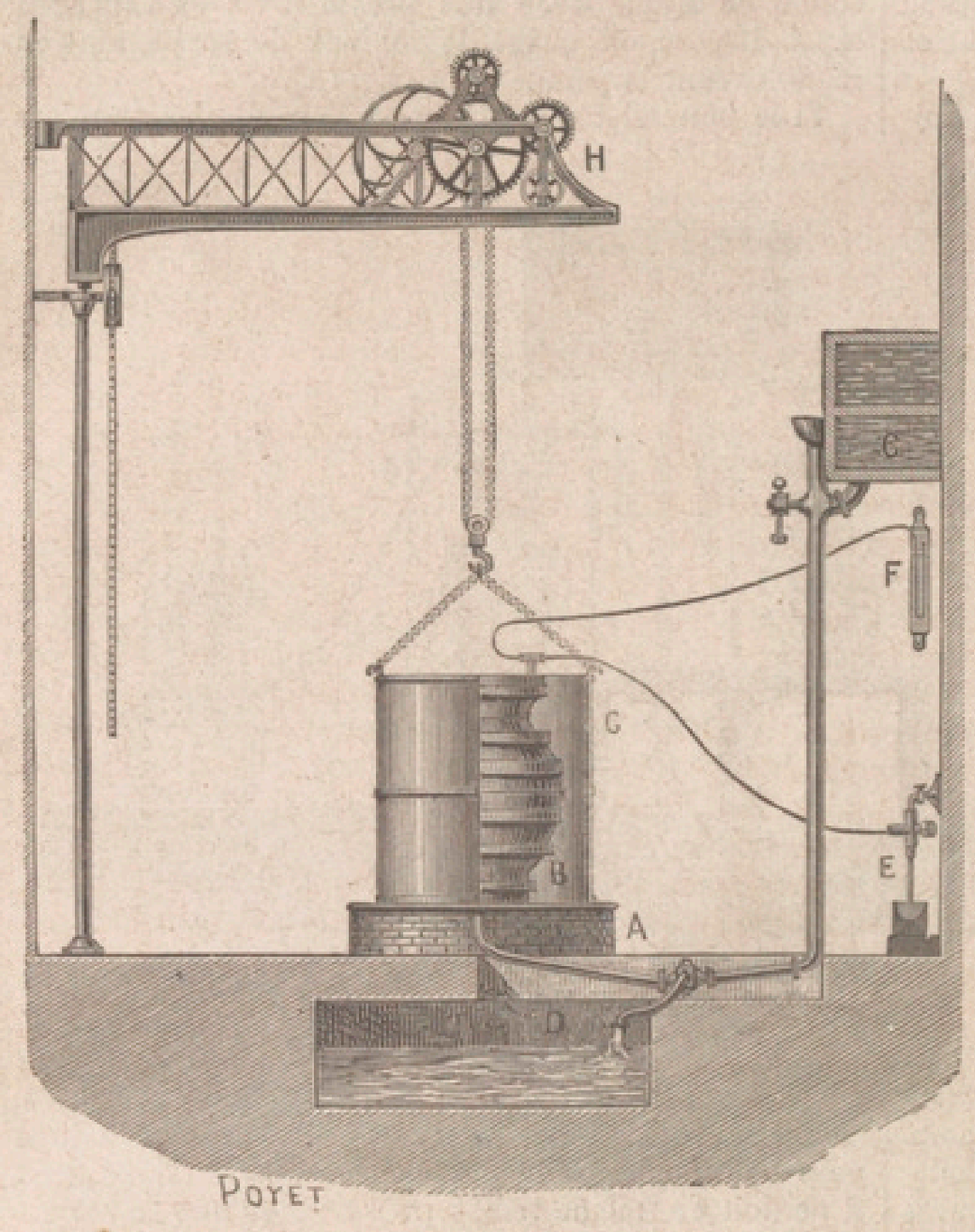


Fig. 16.

vide, pratiqué à l'aide d'une pompe aspirante et d'une enveloppe métallique dont on entoure le moule; l'air intérieur s'échappe à travers le moule en plâtre et surtout des coutures de celui-ci. Au moment où, dans les circonstances ordinaires, on la détacherait, on fait, au contraire, remonter la pâte une seconde fois; la couche de barbotine, déjà épaissie et desséchée, agit alors comme une sorte de moule supplémentaire et permet d'augmenter l'épaisseur d'environ un demi-centimètre; on fait tenir la pièce comme la première fois, par le vide, et on renouvelle l'arrivée de la pâte jusqu'à ce que l'épaisseur voulue ait été obtenue.

Observations. — Quelles que soient les précautions prises et les soins dont on s'entoure, les accidents sont fréquents par la pression comme par le vide. Ils sont dus, en général, à l'irrégularité du mouvement de retraite des pièces, irrégularité qu'entraîne le manque d'homogénéité du plâtre des moules. En effet, l'absorption de l'eau ne se produisant pas régulièrement sur toute la surface de la pièce, des zones de pâte complètement sèche se trouvent en contact avec d'autres parties encore molles; de là des tiraillements, des formations de plis et finalement la fissure, la rupture de la pièce.

Les coutures des moules sont aussi une cause d'échecs fréquents, à cause des traces qu'elles laissent, et qui nuisent à la beauté des formes ainsi qu'à la pureté des profils. M. Renard a imaginé un tour de main qui remédie à tous ces inconvénients : il applique

dans l'intérieur des moules de la mousseline à larges mailles et sans apprêt; pour cela il la découpe par bandes et, avant le commencement du moulage, la fixe avec un peu de barbotine claire contre les parois intérieures du moule dont elle épouse toutes les formes; ce léger tissu ne s'oppose en aucune façon à l'absorption de l'eau, de telle sorte que l'opération marche comme d'habitude, mais, au moment de la retraite, la pièce de porcelaine, supportée pour ainsi dire par la mousseline dont la résistance est très grande, se retire du moule avec la plus grande facilité et avec une extrême régularité : dans ces conditions, la trace des coutures disparaît, les imperfections des moules deviennent presque sans danger, et les pièces les plus considérables sont coulées à peu près à coup sûr; c'est en un mot une amélioration très importante dans le procédé du coulage. L'emploi de la mousseline est à recommander, non seulement pour la fabrication des vases, mais encore pour la préparation toujours difficile des grandes plaques de porcelaine, il est également avantageux pour le moulage de certaines pièces de sculpture peu délicate (car le tissu, malgré sa finesse, bouche forcément un peu les détails du travail du sculpteur); enfin, la mousseline est très utile lorsqu'on a affaire à un moule avarié où un éclat se serait produit : au lieu de le réparer avec du plâtre, ce qui est toujours mauvais, on le répare avec du sable siliceux humide bien broyé, et on recouvre ce sable d'une bande de mousseline.

Dessiccation des pièces obtenues par coulage. — Lorsque les pièces coulées ont pris dans le moule la consistance nécessaire, on les expose à l'air et finalement on les porte à l'étuve; mais de même que pour le plâtre la surface de la pâte durcit très vite, cet inconvénient, nul pour les pièces qui doivent être tournassées, est très grand pour les pièces à ornements en relief, car le réparage en devient beaucoup plus difficile, la pâte durcie se travaille mal et s'enlève fréquemment en éclats; il suffit, pour remédier à cet inconvénient, de saupoudrer les endroits qu'on veut garantir de poussier de pâte ordinaire.

Autres genres de moulages. — Dans le *moulage à la housse*, on fait une ébauche sur le tour sans secours d'appui ou de moule; on la termine par le moulage. Tantôt, suivant le cas, on place la *housse* sur le moule, qui a la forme d'un noyau et qui peut donner directement des dessins à l'intérieur, le moule est placé sur un tour. Le tourneur comprime avec une éponge la housse contre le moule; tantôt on la met à l'intérieur du moule, dont la forme est creuse, et qui peut donner alors directement les reliefs dont la surface extérieure est ornée.

La housse peut être simplement une balle, lorsque le moule est creux; c'est ainsi que, pour mouler mécaniquement un grand nombre de pièces dites de petit creux, on se borne à placer dans le moule, animé d'un mouvement circulaire qu'il tient du tour, une ballé de pâte qu'on fait monter en la pressant avec les doigts le long des parois du moule. On modifie cette méthode en faisant descendre dans le creux une sorte de noyau qui remplace les doigts. Cette méthode est appelée sans contredit à modifier notablement le prix de revient des pièces de porcelaine.

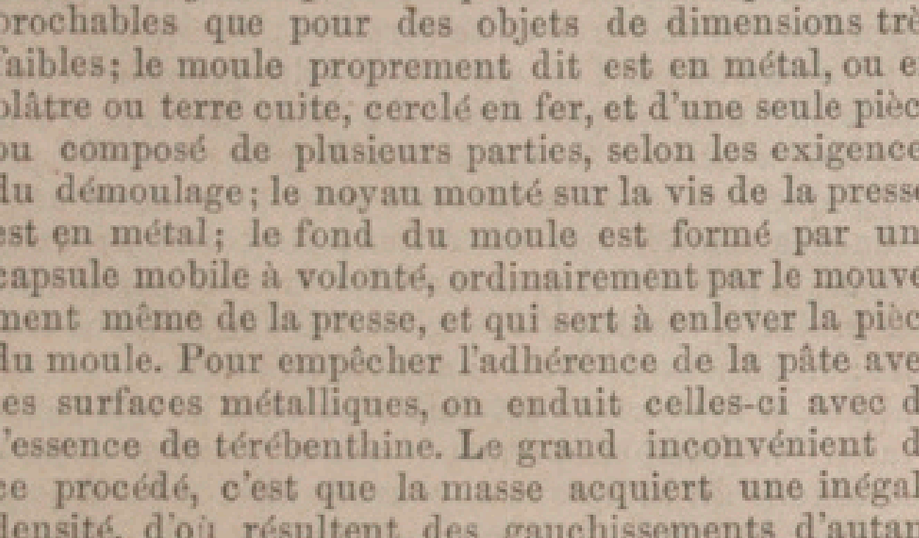
Le *moulage à la croûte* consiste à préparer au rouleau sur une toile forte ou une peau mouillée et placée sur une table en pierre, bien dressée, une *croûte* ou lame

de pâte d'épaisseur convenable, que l'on soulève ensuite à l'aide de la peau, pour l'appliquer avec une éponge sur la convexité du noyau en plâtre préalablement mouillé; on recouvre alors le noyau avec le moule creux qui doit former l'extérieur de la pièce et qui, étant plus sec, enlève la croûte au noyau; on continue de l'y appliquer d'abord avec l'éponge, puis avec des tampons remplis de poussiere de la même pâte; par la dessiccation et le retrait qui en résulte, la pièce se détache d'elle-même du moule.

Quel que soit le genre de moulage employé, il est nécessaire de changer de moules dès que ceux-ci sont abreuvés d'humidité, parce qu'alors il ne peuvent plus absorber celle de la pâte qui devient adhérente au moule et ne peut plus s'en détacher aisément; il faut dans ce cas les laisser sécher avant de s'en servir de nouveau. Le *démoulage* ne s'opère que lorsque la pâte a acquis assez de solidité pour ne pas se déformer par son propre poids.

Le *moulage à la presse* ne peut donner des pièces irréprochables que pour des objets de dimensions très faibles; le moule proprement dit est en métal, ou en plâtre ou terre cuite, cerclé en fer, et d'une seule pièce ou composé de plusieurs parties, selon les exigences du démoulage; le noyau monté sur la vis de la presse, est en métal; le fond du moule est formé par une capsule mobile à volonté, ordinairement par le mouvement même de la presse, et qui sert à enlever la pièce du moule. Pour empêcher l'adhérence de la pâte avec les surfaces métalliques, on enduit celles-ci avec de l'essence de térébenthine. Le grand inconvénient de ce procédé, c'est que la masse acquiert une inégale densité, d'où résultent des gauchissements d'autant plus sensibles que la température à laquelle s'opère la cuisson est plus élevée.

Calibrage. — On donne le nom de *calibrage* au procédé mixte résultant de la combinaison du moulage et du tournage dans lequel le moule donnant la forme intérieure ou extérieure de la pièce, la surface extérieure ou intérieure est donnée par le tournage avec l'aide d'un profil fixé d'une manière invariable, ou calibre. La figure 17 représente ce calibre; son



Fg. 17.

emploi bien compris a permis de rendre la fabrication des assiettes très régulière et même entièrement mécanique.

Le calibre proprement dit se fixe sur une plaque par des vis à écrou, que l'on peut faire monter ou descendre le long des fentes; la plaque C est rendue solidaire de la règle bascule AB, sur laquelle elle entre à coulisseau et est arrêtée au moyen des vis et d'un buttoir; enfin la règle est fixée latéralement à un châssis en bois très solide,et peut se relever en tournant sur sa charnière A; des taquets servent à limiter son abaissement. C'est en faisant monter ou descendre le calibre parallèlement à lui-même, au moyen d'une vis à écrou, que l'on règle l'épaisseur que l'on veut donner aux pièces.

On obtient, au moyen du calibrage, des pièces d'une régularité, d'une minceur, et partant, d'une légèreté remarquables; on ne fait pas autrement à Sèvres les assiettes de toute dimension, unies ou à reliefs

Pour ces derniers objets, il convient d'apporter le plus grand soin à la confection des moules lorsqu'on opère par moulage. A ce titre, nous relaterons ici le procédé proposé par M. Hubert Moreau de Melun, pour obtenir des mères d'une exécution irréprochable, seules capables de reproduire les moules dont on a besoin pour la fabrication des assiettes. Les considérations suivantes nous paraissent de nature à faire comprendre les avantages de ce système, tant au point de vue de l'économie qu'à celui de la régularité, de la perfection et de la rapidité du travail.

La fabrication de l'assiette nécessite l'établissement du modèle, qu'on enduit d'une couche d'huile siccative; il donne l'intérieur de l'assiette; sur ce modèle on coule un plâtre qui prend le nom de *mère;* on le durcit aussi par l'huile siccative; c'est sur cette mère qu'on coule ensuite les moules en plâtre sur lesquels on moule les croûtes. Ces procédés sont ceux qu'on pratique généralement et depuis longtemps dans toutes les manufactures de porcelaine. Ils entraînent certains inconvénients qui ne peuvent être évités par la plus scrupuleuse attention, car ils sont inhérents au plâtre. On sait, en effet, que pendant qu'il fait prise, le plâtre augmente de volume; or, l'expérience a démontré que, après vingt tirages dérivés l'un de l'autre, la dernière épreuve d'un modèle de 25 centimètres en présente 27.

Indépendamment de cet inconvénient qui conduit à l'altération du volume des objets, et quelquefois aussi de leur forme, on est exposé, par le gauche que peuvent prendre les moules, à fabriquer des assiettes plus défectueuses encore que le moule lui-même. Enfin la nécessité de faire par le tournassage la poignée des moules fait perdre, sous forme de copeaux inutiles, une quantité considérable de plâtre.

Dans la disposition du moule proposé par M. Hubert Moreau et représenté par la fig. 18, le gonflement gra-

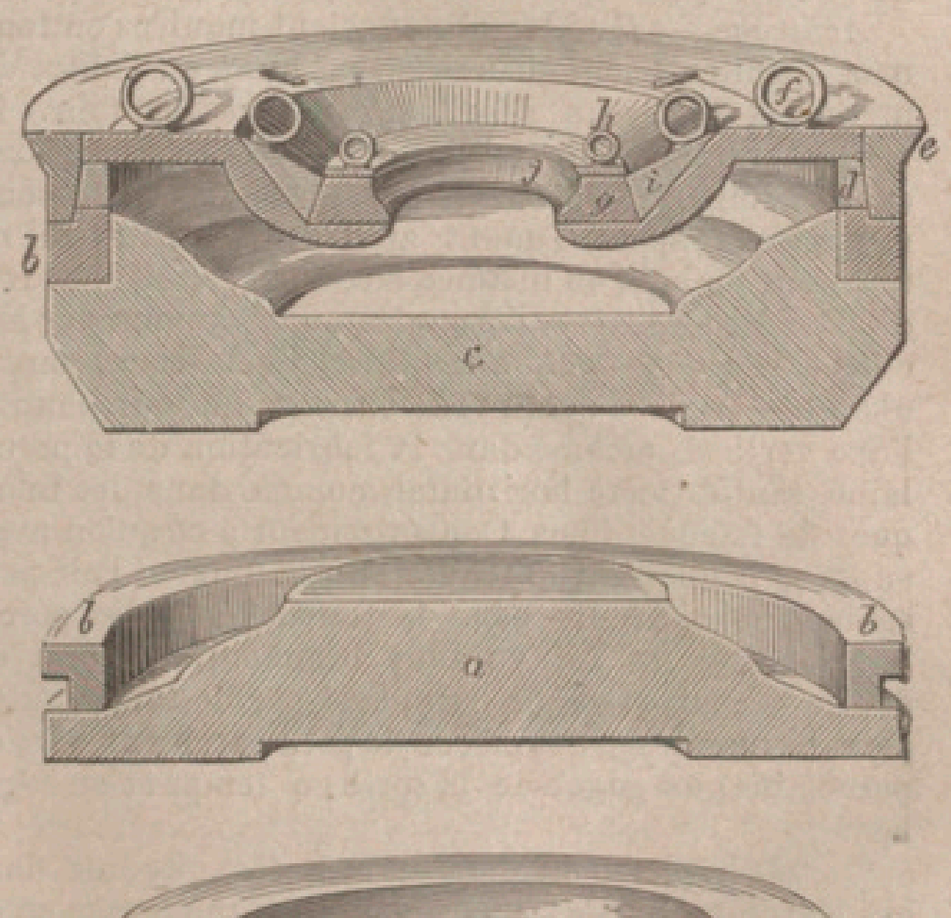


Fig. 18.

duel du plâtre, ne peut plus dénaturer les dimensions de l'objet moulé; le diamètre des assiettes, par exemple, ne peut plus augmenter; la durée des mères est prolongée dans une proportion notable. On évite le gauche des moules, et comme le moulage de ceux-ci s'obtient

POTERIES.

immédiatement et d'une seule opération, on n'a plus à faire disparaître par le tournassage ni l'extérieur du moule pour le dresser, ni l'intérieur pour former la poignée.

Supposons qu'on ait une mère en plâtre durci par de l'huile grasse *c*, et donnant la forme intérieure de l'assiette : on la surmonte d'une couronne en zinc d'un seule pièce *b*, ce cercle est adhérent ; on le surmonte d'une nouvelle couronne en trois pièces *d*, qui servent à régler la hauteur et le diamètre du moule. Ces trois parties sont réunies dans une chape *e*, qui s'emboîte dans le cercle adhérent à la mère ; les autres parties du moule, la base, la poignée, l'évidement que forme celle-ci sont données par des pièces en zinc et leur chape *f*, *g*, *h*, *i*, qu'il est facile de séparer pour opérer le démoulage. Le maniement de ces diverses pièces est facilité par des anneaux métalliques. Une ouverture centrale *j* permet l'introduction du plâtre liquide.

Pour opérer le moulage, on enlève les parties supérieures qui mettent à jour le fond du moule ; et avec un pinceau on imbibe le tout d'une couche de plâtre liquide pour former l'épiderme du moule ; on rapporte ensuite l'espèce de couvercle sur lequel doit se mouler la face supérieure, et on verse le plâtre liquide pour remplir le moule ; l'air se dégage par quatre trous, et l'expulsion du gaz se fait entièrement lorsqu'on a soin d'agiter le moule aussitôt qu'on l'a rempli.

Lorsqu'on a dégagé les parties du moule extérieur, on enlève la partie moulée ; pour la terminer, on détruit, sur le tour, les coutures qu'ont laissées les joints correspondants aux diverses parties du moule métallique. Ce travail s'exécute facilement au moyen du tournassin. La pièce isolée se voit en *m*, débarrassée de son moule. Ce que nous avons dit suppose la confection de la mère. Pour l'obtenir, après avoir graissé le modèle *a* comme à l'ordinaire, on le garnit d'un cercle *b* qu'on dresse au moyen du tour ; on entoure le diamètre extérieur d'une bande de plomb, puis on verse du plâtre. Quand il est assez dur, on le tournasse.

Achevage. — Que les pièces soient moulées ou tournées, qu'elles soient ébauchées par l'une ou l'autre des méthodes ci-dessus décrites, il faut les finir. Le tournassage ne s'applique guère qu'à certaines fabrications soignées ; en un mot, il consiste dans un tournassage qui rappelle, quant au principe, le travail du tourneur en bois, en métaux, etc. On enlève l'excédent de pâte présenté par l'ébauche, qu'il ne faut dès lors considérer que comme un bloc dans lequel on va chercher la pièce qu'on veut obtenir. Le tour a tantôt l'axe vertical, comme dans la fabrication de la porcelaine, tantôt l'axe horizontal, comme dans les fabriques de faïences fines. Contrairement à ce qu'on avait supposé pendant trop longtemps, le tour en l'air peut également convenir pour le tournassage des porcelaines dures, et j'ai vu dans beaucoup d'usines du centre le tour français remplacé par le tour anglais pour le rachevage des pièces de petits creux en pâte de porcelaine ; on gagne de la sorte en temps et en régularité.

Le fait le plus considérable qui s'est produit dans ces dernières années, relativement au rachevage en ce qui concerne la porcelaine dure, est l'usage qu'on a fait du tour à guillocher ; outre que le corps des pièces, les pièces accessoires ou *garnitures*, telles que les becs, pieds, anses, etc., se font à part par moulage, ou par *tirage*, à la filière, d'une manière analogue au vermicelle quand leur section est uniforme. Lorsque le corps de la pièce et la garniture sont également humides, on les réunit aisément avec de la barbotine ; mais lorsqu'elles sont sèches, il faut avoir soin de gommer la barbotine et d'enduire également d'eau gommée les surfaces d'application.

Le réparage des pièces comprend les opérations qui se définissent nettement par le nom qu'on leur donne : ce sont le *grattage*, pour enlever par ablation toutes les coutures, toutes les saillies nécessaires à l'ébauchage ; le *remplissage*, pour boucher les trous, les cloques accidentelles mises à nu par le démoulage ou par le grattage. Le *sculptage*, qui ne diffère du grattage que par les différents résultats obtenus, participe à la fois des méthodes de grattage et de remplissage ; nous en trouvons un exemple remarquable dans ce que l'on appelle à Sèvres *sculpture en pâte, cru sur cru*. On a fait, à l'aide de cette méthode, des pièces de dimensions très variées. Elle donne des objets d'une valeur artistique réelle et d'une grande importance industrielle, si celui qui la met en usage joint au talent du sculpteur l'habileté du praticien.

La première idée de ce genre de décoration se trouve très nettement dévoilée dans quelques poteries fines de l'époque romaine ; les Chinois en ont certainement tiré le parti le plus avantageux, et le musée céramique offre des exemples fort remarquables fournis par les peuples qui ont créé cette sorte de poterie.

On établit par l'un quelconque des procédés décrits précédemment la pièce que l'on veut décorer d'ornements en relief. On maintient la pâte humide pour appliquer en relief au pinceau avec précaution et par couches successives, en évitant les bouillons et les trous, la pâte qu'on peut modeler ensuite par incision et grattage, comme s'il s'agissait d'une ébauche moulée : on obtient de la sorte des saillies assez vives, très nettes, si le réparage est fait avec tout le soin nécessaire. Cette méthode permet de conserver religieusement la touche du sculpteur, si souvent altérée par les opérations du moulage. Elle ajoute encore à la valeur artistique de la pièce, faite par ce moyen, le mérite de constituer en quelque sorte un objet unique, puisqu'il n'a pas été confectionné dans le but de multiplier les épreuves. Le même motif, encadré différemment, ajusté dans d'autres données, peut présenter, sans frais de composition la plus grande variété d'aspects. Par le moulage, au contraire, pratiqué comme on est dans l'usage de le faire, on n'obtient qu'une reproduction imparfaite pour des objets d'art.

Lorsqu'on fait usage de pâtes de diverses couleurs, on peut produire les effets les plus heureux, et les plus belles productions en ce genre qu'ait offertes la manufacture de Sèvres sont les vases dits en céladon, rehaussés de sculptures en pâte blanche. Au lieu des pâtes vert d'eau, on peut faire un fond de toute autre nuance, et créer de la sorte des poteries très variées et du meilleur goût. L'industrie privée n'aurait assurément qu'à gagner en entrant dans cette voie nouvelle ouverte par la manufacture de Sèvres. Les pâtes colorées par la pechblende, l'oxyde d'urane et d'autres oxydes conduiraient infailliblement à des pièces recherchées. L'oxyde de chrome dans la proportion de 3 à 4 pour 100 donne avec la pâte de service, une couleur olivâtre avec une nuance de rose, qui acquiert à la lumière artificielle une couleur rose du plus vif éclat.

Nous n'aurons pas l'occasion de revenir plus tard sur ce sujet. Pour l'épuiser, nous signalerons ici quelques accidents que peuvent présenter les pâtes céladon, et les moyens d'y obvier. Quelque soin qu'on ait pris pour enlever le sel soluble de chrome que l'oxyde mêlé dans la pâte blanche emporte avec lui, lorsque, pour une cause ou pour une autre, le four se charge pendant la cuisson d'une grande quantité d'humidité, il se développe et se répand, sur les reliefs blancs ou sur certaines parties de la pièce, un sel soluble de chrome qui dépose plus tard de l'oxyde vert ou brun. La pâte céladon cuit généralement avec un ton plus agréable dans une atmosphère réductrice que dans une atmosphère oxydante : on vient de voir que, dans tous les cas, pour obtenir des nuances unies, il est indispen-

POTERIES.

sable de cuire dans une atmosphère dépouillée d'humidité.

L'*évidage*, qui consiste à faire des jours dans les parois des pièces suivant des traits indiqués par le moule, l'estampage et le moletage, le collage et l'applicage, qui consistent dans la réunion des garnitures ou des différentes parties d'une même pièce, complètent la série des opérations au moyen desquelles les poteries sont mises en état de supporter l'action du feu qui doit leur donner consistance et dureté, imperméabilité ou brillant. Il n'y a plus, pour ne pas perdre le bénéfice des mains-d'œuvre déjà faites, qu'à conserver à la pièce sa forme intacte, sans fente ni déformation, par une dessiccation très lente. A cet effet, les poteries, qu'elles soient simples ou composées, doivent être placées dans des séchoirs convenablement aménagés, sur des planches superposées, exposées à des températures progressives.

L'établissement de ces séchoirs laisse encore beaucoup à désirer dans un grand nombre d'usines. On profite souvent des jours de soleil pour exposer au dehors les marchandises prêtes à porter au four. Il faut veiller au temps, et s'il vient à pleuvoir subitement, la rentrée brusque de toutes les pièces, rentrée qui ne peut être exécutée que par un grand nombre de bras, met la perturbation dans les ateliers. Ce système d'ailleurs ne dispense pas, pendant l'hiver, de séchoirs artificiels; et c'est peut être cette partie de la fabrication qui devrait devenir le sujet des plus sérieuses études.

Le chauffage des ateliers, dans lesquels on place les moules et marchandises terminées pour les sécher, a lieu presque partout au moyen de poêles disposés au centre de la pièce, et dont les longs tuyaux servent de surface de chauffe. Mais il ne suffit pas d'élever la température, il faut chasser, au moyen d'une ventilation bien réglée, la vapeur d'eau qui se répand dans l'atmosphère. Ordinairement le chauffage est intérieur, et la présence dans l'atelier d'appareils à feu répandant des poussières n'est pas sans inconvénients pour les poteries, d'ailleurs irrégulièrement échauffées.

Toute disposition qui permettrait d'employer au séchage des pièces fabriquées la chaleur perdue des fours de cuisson, remédierait à beaucoup d'embarras, et deviendrait économique au point de vue du combustible, tout aussi bien qu'à celui de la perfection du travail.

§ VI. — CUISSON DES POTERIES.

Quand les poteries, quelles qu'elles soient, ont été séchées convenablement, ou les porte au four, pour les cuire lorsque ce sont des poteries simples, pour les préparer à recevoir les glaçures lorsqu'elles sont composées.

Glaçures. — Disons d'abord un mot des *glaçures* qui sont des enduits susceptibles de se vitrifier à la température de cuisson de la poterie; elles se divisent en: *vernis*, enduit plombifère transparent, qui se fond à une basse température; *émail*, enduit stannifère opaque; *couverte*, enduit terreux, qui ne se fond qu'à la température de la cuisson de la pâte. Ces enduits ont pour but de rendre la pâte imperméable et de lui donner un certain éclat. Leur nature doit varier avec celle de la pâte sur laquelle on les applique, ainsi qu'avec la température à laquelle on doit la cuire; nous en parlerons par conséquent à l'article de chaque espèce de poteries.

Le posage de ces enduits se fait par immersion, par arrosement ou par volatilisation. Le procédé de *posage par immersion* ne peut s'appliquer qu'aux pâtes assez poreuses pour absorber l'eau avec avidité, et assez solides pour ne pas se délayer; on les rend telles en leur faisant subir un commencement de cuisson ou *dégourdi;* l'enduit, réduit en poudre extrêmement ténue, est mis en suspension dans l'eau, de manière à former une bouillie très liquide que l'on agite fréquemment, et à laquelle on ajoute même un peu de vinaigre qui retarde la précipitation. En passant la pièce à enduire dans le liquide trouble, elle absorbe de l'eau qui dépose à sa surface, en pénétrant dans son intérieur, les particules d'enduit qu'elle tenait en suspension. Les parties par lesquelles on tient la pièce ne prennent point de glaçure; on l'y met après coup au pinceau. On enlève avec une brosse, ou par grattage, la couverte des parties qui n'en doivent point avoir, soit parce que les pièces se colleraient par ces parties, lors de la cuisson, aux cazettes dans lesquelles on les place, soit pour toute autre cause; lorsque ce sont des ornements qui doivent rester mats, on les enduit d'une *réserve* en matière grasse : de la graisse fondue ou du suif.

Lorsque la pâte est complètement cuite, on ne peut poser la glaçure par immersion; au lieu d'une bouillie très claire de l'enduit, on en prend une bouillie assez épaisse que l'on promène dans l'intérieur de la pièce à vernir, puis on en fait tomber l'excédent: ce procédé, dit par *arrosement*, s'applique surtout aux porcelaines tendres et aux grès. Quant aux poteries les plus grossières qui ne se doivent passer qu'une fois au feu, on les saupoudre simplement avec un enduit plombeux pulvérisé et renfermé dans un nouet (posage par *aspersion*). Le posage par *volatilisation* consiste à remplir le four ou les cazettes d'une vapeur saline ou métallique, qui réagit sur les pièces, portées à une température élevée, et en vitrifie la surface. Lorsqu'on opère sur toute une fournée, on jette dans le four, après avoir fermé toutes les issues, du sel marin qui se volatilise, et vient former à la surface des pièces un enduit très solide et très mince de silicate multiple de soude, alumine, etc. (poteries de grès); dans l'autre cas, on enduit la surface intérieure des cazettes ou étuis, avec la matière volatilisable qui doit produire la glaçure.

D'après ce que nous venons de dire, on voit que les poteries, glaçure comprise, subissent, soit une seule cuisson, soit une cuisson double. On soumet à une seule cuisson, faite à une basse température, les poteries communes à pâte colorée, que l'on recouvre d'un vernis plombeux transparent; on cuit également à un seul feu, mais à une haute température, les poteries de grès, et quelquefois les porcelaines dures; pour ces dernières, on les dégourdit ordinairement dans un compartiment supérieur du four avant d'appliquer la couverte. Il arrive souvent que la cuisson de la pâte exige une chaleur plus élevée que la glaçure; on cuit alors le *biscuit* dans l'étage inférieur du four, on y pose la couverte et on la cuit dans l'étage supérieur; tantôt cet enduit est vitro-métallique et transparent (faïence fine porcelaine tendre), tantôt c'est un émail stannifère opaque (faïence émaillée).

Cuisson des Poteries. — Sauf le cas des briques, qui se cuisent généralement en tas (voy. BRIQUE), la cuisson des poteries se fait dans des fours. Les poteries grossières et les faïences communes, se cuisent dans des fours ayant la forme d'un demi-cylindre couché ou d'un parallélipipède voûté à la partie supérieure, où sont pratiquées des ouvertures qui font l'office de cheminées; le foyer est inférieur, séparé du laboratoire par une voûte percée de trous par lesquels la flamme se tamise dans l'intérieur du four. Les figures 19 et 20 donnent le plan et la coupe d'un fourneau de ce genre. Lorsqu'on emploie de la houille, on la charge sur une ou deux grilles *e*, *e;* lorsqu'on chauffe au bois, la grille est supprimée et remplacée par une aire plane. La flamme se tamise dans le four par les ouvertures *a*, *a*; elle s'échappe ensuite par les carneaux

POTERIES.

b, *b*, et se rend dans la cheminée commune *c*. Des regards *i*, *i*, bouchés par des briques mobiles, ou

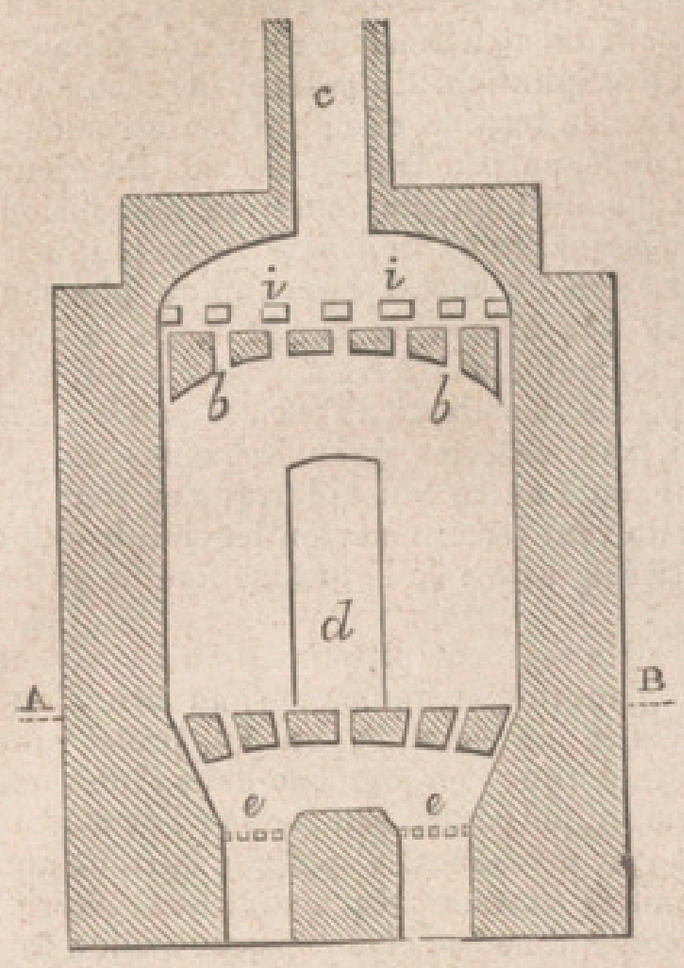


Fig. 19.

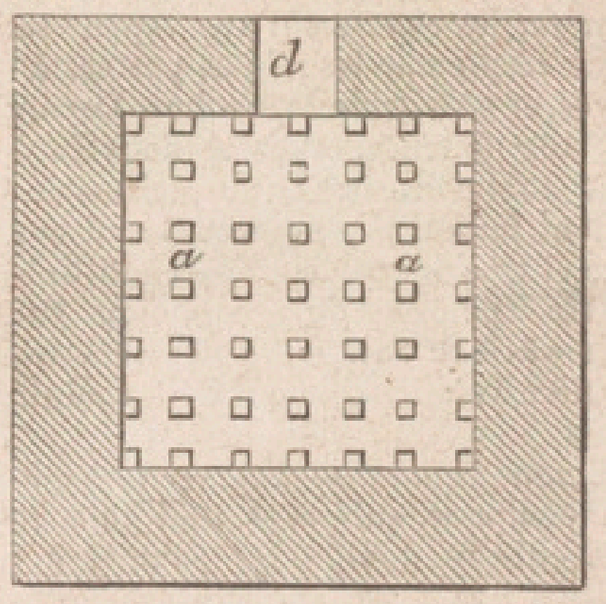


Fig. 20.

par tout autre moyen, permettent d'examiner la manière dont se fait la distribution de la flamme dans l'intérieur du four et de la régulariser, en bouchant un ou plusieurs des carneaux *b*, *b*.

On se servait autrefois pour la cuisson de la porcelaine, et on se sert encore dans certaines localités pour la cuisson des faïences et des poteries de grès, de fours à réverbère, à chauffe latérale, et à cheminée unique placée à l'autre extrémité du four. On peut y développer une température beaucoup plus élevée que dans les fours précédents, mais elle se trouve très inégalement répartie dans plusieurs parties du four, ce qui est un grave inconvénient. Les figures 21 et 22 donnent le plan et la coupe d'un fourneau de ce genre employé en Allemagne : *a*, *a*, voûte du fourneau; *b*, laboratoire; *v*, chauffe; *d*, grille sur laquelle on charge le combustible (elle est remplacée par une aire plane lorsqu'on chauffe au bois); *e*, porte du chargement; *f*, cendrier; *g*, porte du cendrier munie d'un registre pour régler l'affluence de l'air; *i*, *i*, mur percé de trous par lesquels

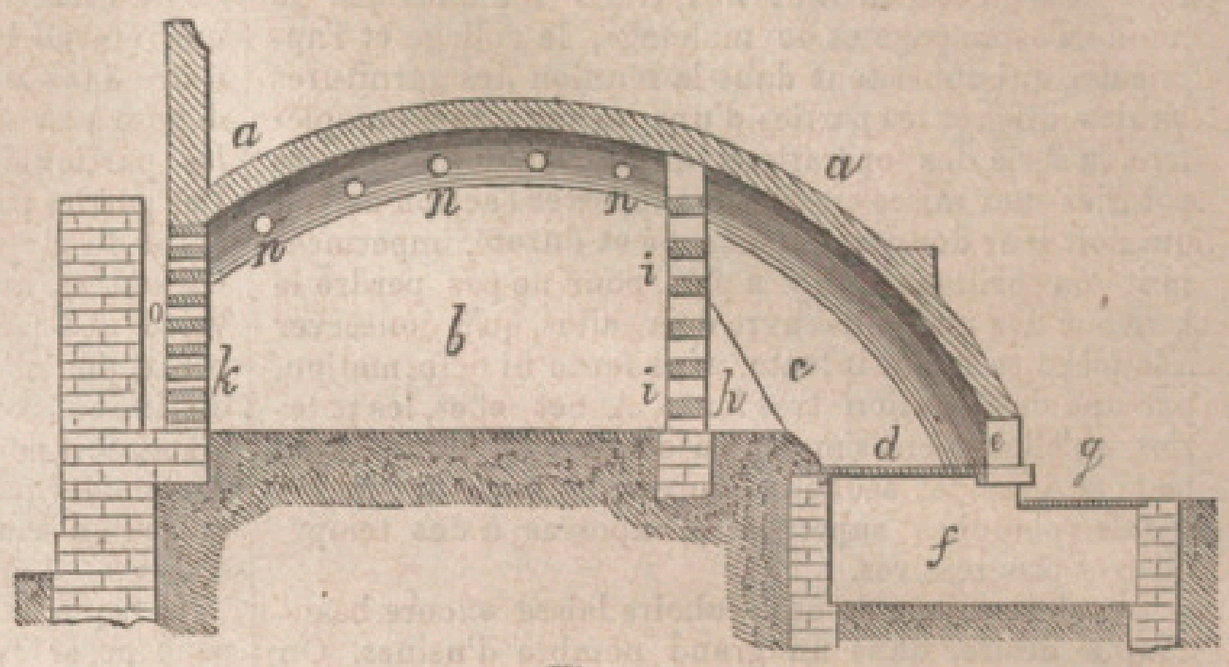


Fig. 21.

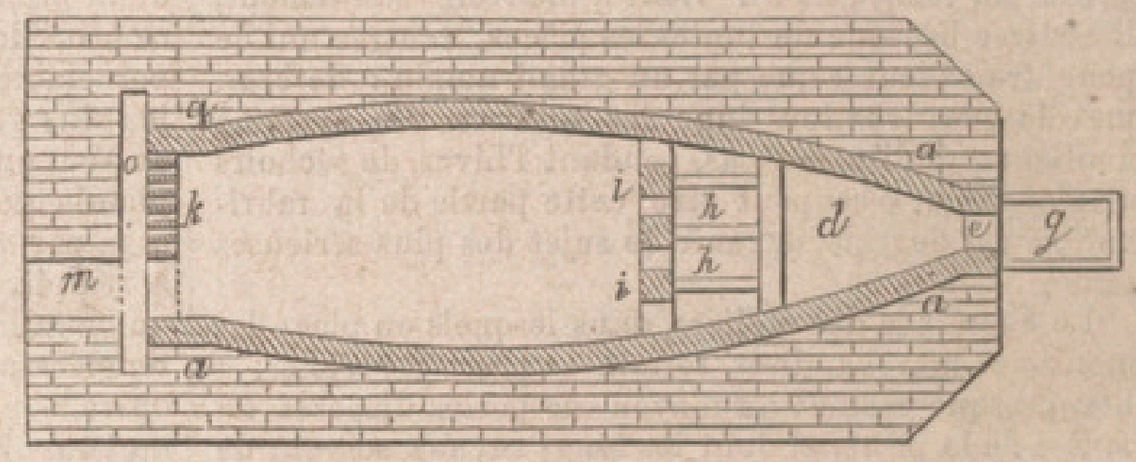


Fig. 22.

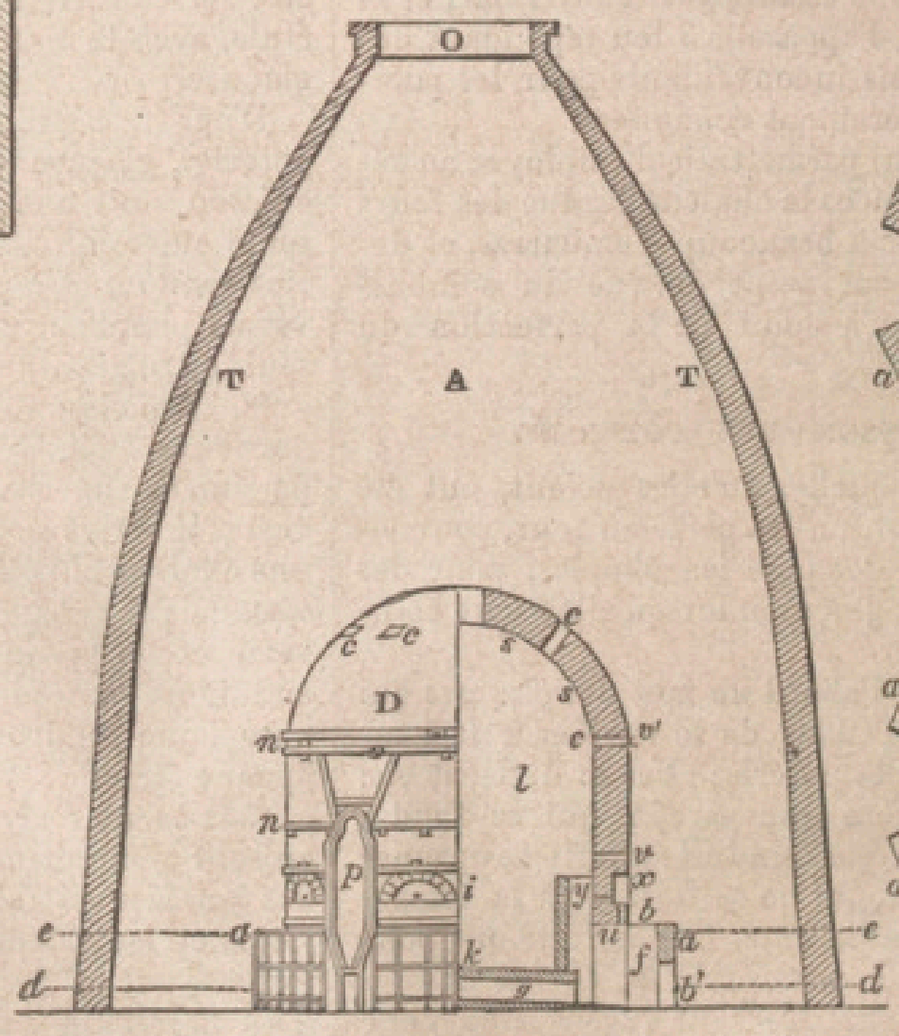


Fig. 23.

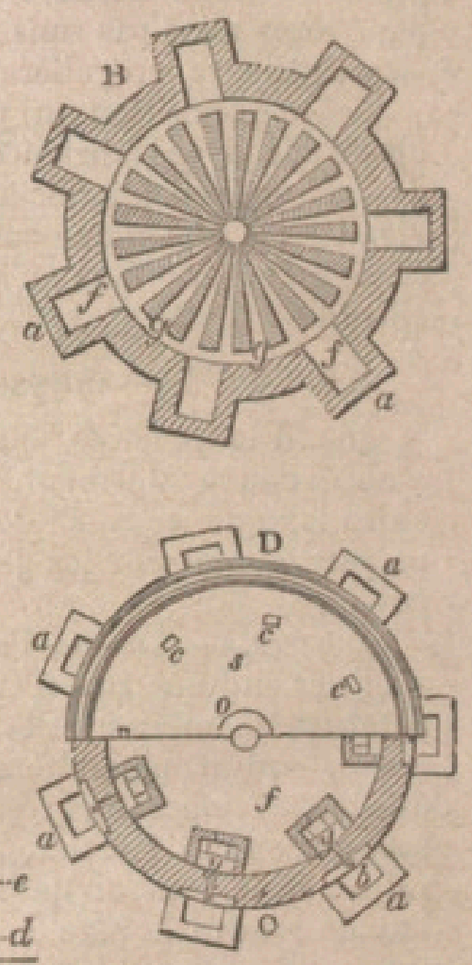


Fig. 24.

Fig. 25.

la flamme se tamise dans l'intérieur du four; il est soutenu par des contreforts *h*; *k*, mur percé d'un grand nombre d'ouvertures par lesquelles la flamme descend dans la cheminée *o*; *m*, porte d'enfournement; on détruit partiellement le mur *k* pour l'enfournement et on le rétablit avant la mise en feu; *n*, regards servant à juger l'état du feu, à retirer les *montres*, etc.

Actuellement pour la faïence, les grès et surtoutf les porcelaines, on se sert presque exclusivement de fours cylindriques verticaux dits *fours à alandiers*, parce que à leurs bases et sur leur pourtour se trouvent placés un nombre généralement impair de foyers à combustion renversée, qui portent le nom d'alandiers. Nous prendrons pour exemple le four à alandiers employé en Angleterre pour la cuisson des faïences fines. La figure 23 est, en partie une coupe, en partie une élévation verticale de ce four; la figure 24 est une coupe horizontale au niveau de la ligne *dd*, fig. 23 ; la fig. 25 est une coupe horizontale de la moitié du four au niveau de la ligne *a e; f*, foyer; *b*, bouche supérieure par laquelle l'air s'introduit dans le foyer ; *b'*, bouche inférieure qu'on laisse ouverte pour allumer le feu, et que l'on ferme ensuite entièrement ou seulement en partie : on brûle de la houille, mais il convient d'allumer avec du bois; *s s*, mur du four; *y, y*, cheminée ; *g*, canaux de circulation de la flamme, au-dessous du plancher du four, se réunissant au centre *k; x, v, v'*, regards pour examiner l'état du feu et juger ce qu'il y a à faire pour régulariser le tirage des alandiers; *c, c*, carneaux par lesquels s'échappe la flamme; TT, dôme qui entoure le four et sert de cheminée centrale; *n, n, p*, armatures du fourneau; *u*, ouverture pour admettre au besoin de l'air frais dans la chauffe; *z*, registre pour fermer plus ou moins la bouche *b*.

Nous donnons, en traitant de la porcelaine, la description du four à plusieurs étages employé pour sa cuisson.

Encastage. Quelques poteries communes peuvent se cuire pêle-mêle dans les fours et en se supportant mutuellement, lorsqu'elles sont en biscuit, c'est-à-dire non recouvertes d'une glaçure; mais, dans le cas contraire, il est indispensable de les séparer au moyen de supports ou même en les plaçant dans des étuis qui les enveloppent entièrement. Ces supports dits *rondeaux* quand ce sont seulement des plaques, *étuis* ou *cazettes* dans les autres cas, sont en pâte grossière afin de mieux résister aux variations brusques de température, et cette pâte doit être plus difficile à ramollir et par conséquent plus réfractaire que les poteries qu'on doit y placer; on conçoit dès lors que, pour certaines poteries qui se cuisent à une température très élevée, comme les porcelaines et les grès, les supports et étuis ne peuvent se fabriquer qu'avec des argiles extrêmement réfractaires, bien lavées et auxquelles on ajoute du *ciment* ou débris d'anciennes cazettes cuites grossièrement pulvérisés.

L'*encastage*, ou l'action de placer les pièces à cuire sur des supports ou dans des étuis, varie suivant que la pâte est ou non ramollissable au feu.

On distingue l'encastage en *échappade* ou en *chapelle*, qui consiste à diviser la hauteur du four par plusieurs planchers formés de plaques de terre cuite supportés par des piliers de même nature, et sur lesquels on entasse les pièces à cuire et l'encastage dans des étuis ou cazettes, qui n'ont pour objet que de les garantir de l'action trop immédiate de la flamme, de la fumée et des cendres qui pourraient en altérer ou en colorer la surface. Nous donnons plus loin les figures de ces dispositions. Toutes les fois que les poteries sont recouvertes d'un vernis vitrifiable, on les dispose de manière à ce qu'elles ne puissent se toucher et à ce qu'elles aient le moins possible de points de contact avec leurs supports, qui présentent des points ou des arêtes aiguës, et sur lesquels on les place généralement de telle sorte qu'elles se trouvent supportées par trois points : ces supports portent, suivant leur forme, le nom de pernettes, de colifichets ou de pattes de coq.

En Angleterre, par suite de la division du travail qui s'établit par la réunion d'un grand nombre de fabriques de poteries dans une même contrée, on trouve des établissements qui ne font autre chose que de préparer les pernettes, pattes de coq ou colifichets, dont on fait usage pour isoler les pièces dans le four, et les empêcher de se coller entre elles ou sur les pièces qui les supportent dans les étuis. Ces pernettes, de formes toutes particulières, s'obtiennent par moulage et sans la moindre difficulté. La figure 26 représente leurs principales dispositions. Le moule est en métal, cuivre ou bronze; il est en deux coquilles; il donne plusieurs exemplaires disposés symétriquement et de telle façon, que les points supérieurs soient donnés par la coquille supérieure du moule, les points inférieurs par la coquille inférieure. On obtient la pression sur la croûte, qu'on a mise entre les deux coquilles, au moyen d'une presse à vis. On chauffe le métal pour obtenir la dépouille nécessaire au démoulage. On prépare ainsi tous les modèles dont on a besoin.

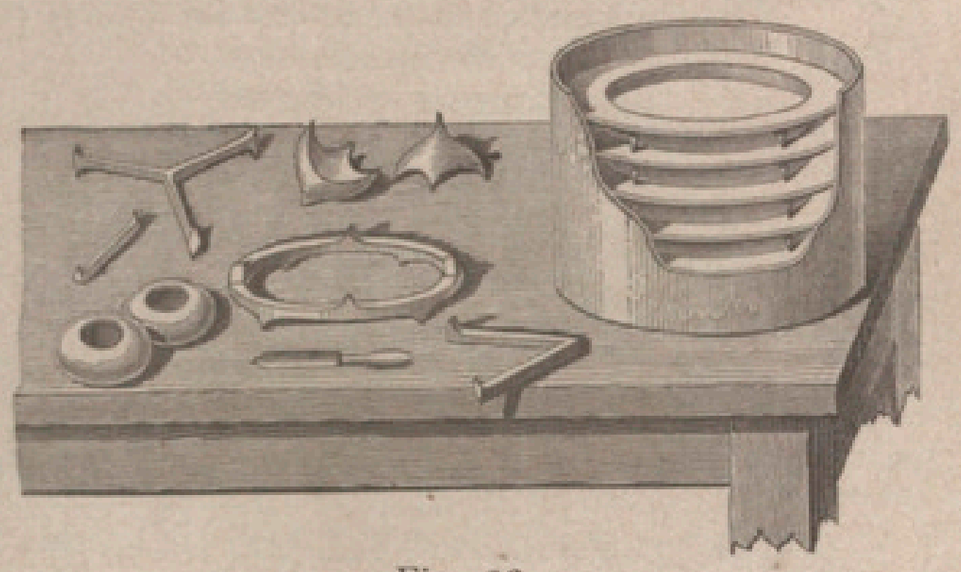


Fig. 26.

L'encastage des poteries dont la pâte est ramollissable à la température à laquelle s'opère la cuisson, est une chose beaucoup plus délicate. Il est indispensable de soutenir les pièces par une surface ou des points tellement choisis et en nombre suffisant pour qu'il n'y ait presque pas de porte-à-faux ni de parties en saillie susceptibles de se déformer par le ramollissement; il en résulte des difficultés énormes pour la cuisson de certaines pièces, et cette considération a une grande influence sur le choix des formes de cette espèce de poteries : nous y reviendrons en parlant de la porcelaine dure. Les difficultés d'encastage deviennent encore bien plus grandes lorsque ces poteries sont recouvertes d'une glaçure qui se cuit au même feu; c'est même pour les éviter en partie qu'on a fait de la porcelaine tendre dont la glaçure se cuit à une température inférieure à celle qu'exige le biscuit et dans un autre feu.

L'encastage terminé, on procède à l'*enfournement;* ce dernier se fait *en charge*, quand on entasse seulement les pièces les unes sur les autres (briques, tuiles, poteries communes); en *échappade* ou en *chapelle*, quand on emploïe l'encastage du même nom (faïences communes); en *étuis* ou *cazettes*, quand les pièces sont placées dans des étuis que l'on range en piles verticales dans l'intérieur du four (faïence fine, porcelaine); quel que soit le mode d'enfournement employé, il faut que la flamme puisse circuler également et librement entre toutes les pièces; comme, malgré tous les soins, certaines parties du four chauffent toujours plus que les autres, on y place les poteries plates qui exigent plus de feu que les poteries creuses et celles qui repassent au feu pour une cause quelconque.

Les regards qui sont ménagés sur les parois des fours permettent de reconnaître si les foyers ou les alandiers tirent également bien et d'en régulariser la marche; outre la couleur du four, qui suffit souvent à un potier exercé pour reconnaître si la température du four est assez élevée, on l'apprécie, soit au moyen de

montres ou petites pièces de poteries, de la même pâte que celle de la fournée, et qu'on a introduites avant la mise en feu dans des parties du four dont on peut aisément les retirer, soit par le glacé que prend une couverte mise sur cette pâte ou la nuance que certains vernis colorés prennent à différentes températures : le premier procédé accuse, outre la température du four, l'état de cuisson de la fournée.

Du combustible. On fait emploi de bois et de charbon de terre pour cuire la poterie de terre, la faïence commune et la faïence fine; la cuisson de la porcelaine dure au moyen du combustible végétal était seule regardée comme possible par un grand nombre d'industriels : aussi les expériences qui ont eu pour but la cuisson de la porcelaine dure au moyen de la houille ont-elles fixé très vivement l'attention générale. On a déjà vu la notice d'Ebelmen et son savant rapport sur le four de Noirlac à l'article HOUILLE (*Complément*), four dans lequel la fumée cessait d'être nuisible, grâce à la multiplication des foyers et à la fréquence des chargements par petites quantités à la fois. Nous compléterons ces renseignements intéressants par l'extrait d'un travail consciencieux de M. Redon sur les tentatives suivies de succès exécutées à Limoges. Ces expériences ont été dirigées par la chambre consultative, demandant à s'éclairer sur un fait industriel qui, bien que déjà traité dans d'autres contrées manufacturières, n'en avait pas moins pour le Limousin un grand intérêt de nouveauté d'abord, et un intérêt plus grand encore au point de vue de la production économique et du développement de l'industrie de la porcelaine. Depuis longtemps, la cherté toujours croissante des bois et la crainte de leur insuffisance inquiétaient non seulement les fabricants, mais encore la population ouvrière; dont l'existence et le bien-être dépendent en grande partie de la prospérité des manufactures de porcelaine.

On doit à M. Marquet, de Limoges, d'avoir été le premier instigateur de la cuisson à la houille par des méthodes perfectionnées que nous allons décrire. Il a fait ses essais d'abord avec le système Bordone, qui consiste dans l'application des grilles à gradins, puis avec celui de M. Mourot, au sujet duquel nous allons entrer dans quelques détails et qui conduit à des données pratiques.

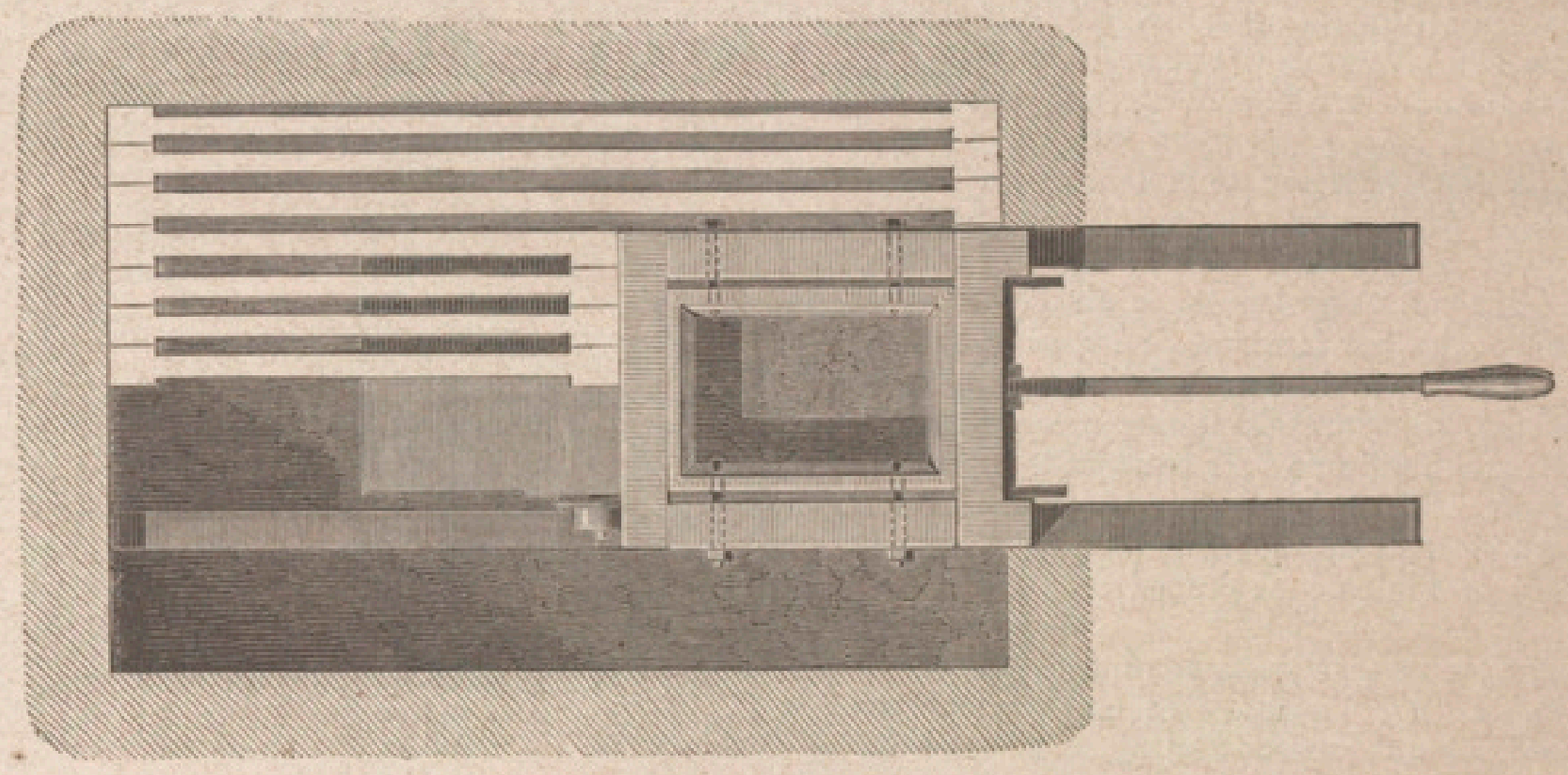


Fig. 27.

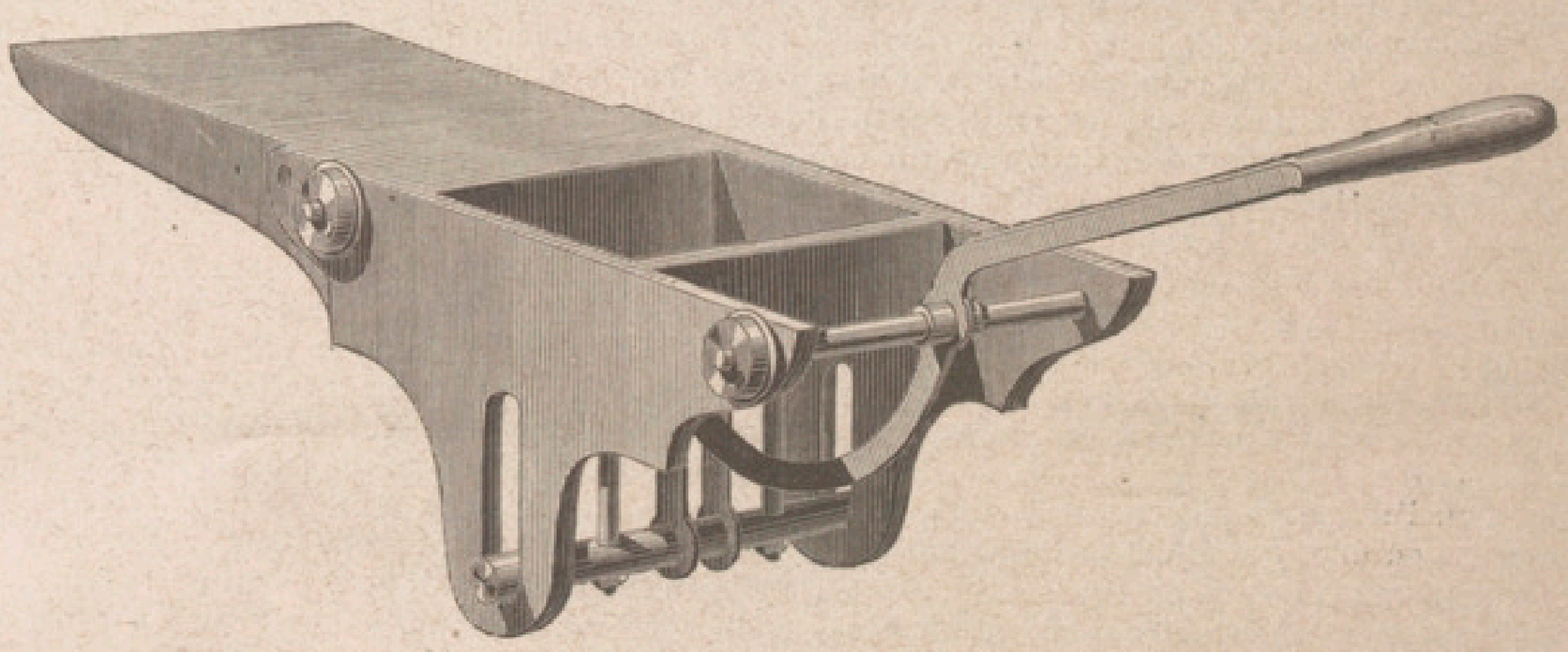


Fig. 28.

Les premiers essais de ce dernier système furent faits dans un four de 2 mètres de diamètre cubant de 7 à 8 mètres cubes; la réussite presque complète encouragea les inventeurs, désormais assurés que l'application de leurs appareils aux fours de plus grande dimension se ferait avec plein succès. On les disposa de suite pour cuire un four de $5^{m},33$ de diamètre. Deux fournées ont été suivies comme expériences pour étudier la marche du four après sa modification. Nous donnons en détail les circonstances dans lesquelles on s'est placé. C'est le meilleur moyen de faire connaître les conditions dans lesquelles on obtiendra de bons résultats.

Le four, précédemment au bois, cubant $92^{m},250$, était muni de six alandiers; la durée moyenne de sa

cuisson était de quarante-cinq heures, et sa consommation de 101 stères 47 centistères de bois valant, rendu dans la cage du four, environ 1320 francs.

Par suite de sa transformation, rien n'a été changé dans les profils et la dimension intérieure de ce four; les foyers ou alandiers ont été portés au nombre de dix; les orifices d'entrée de la flamme dans le four, dits bouches à feu, ont été conservés dans les mêmes dimensions qu'au bois; la cheminée de même, et les carneaux de pourtour augmentés de quatre, en tout dix.

L'appareil à combustion, dont la disposition constitue toute la nouveauté, se compose d'une grille horizontale formée de barreaux ordinaires en fonte, espacés de 0,0015. Sa longueur est de 0^m,90, et sa largeur de 0^m,75, donnant une surface de 0^m,6750. Cette grille est munie en son milieu d'une bande rectangulaire formant trémie, dont le but est d'alimenter la grille par la partie inférieure (fig. 27 et 28).

L'alimentation se fait à l'aide d'un chariot en fonte, ou en forte tôle rivée, contenant environ 3 kilog. de houille, et qui, glissant sur deux guides en fer, vient se placer directement sous la trémie dans laquelle il est élevé en pesant sur un levier; le combustible, d'abord soutenu au moyen d'une petite grille mobile placée au fond du chariot, qui s'accrochait sous la trémie au moment où l'ascension était accomplie, est, d'après le nouveau système, maintenu par le fond qui monte ou descend. Dans sa position normale, le chariot en dehors du foyer présente la caisse ouverte et pleine de combustible; la queue de l'appareil fait le fond de la trémie et retient le combustible; pour charger, on pousse le chariot, on appuie sur le levier pour faire monter le fond guidé dans son mouvement ascensionnel par les glissières qui forment les joues latérales de l'appareil, et on ramène le chariot en avant; on ne relève le levier pour faire descendre le fond que lorsque la boîte à combustible est complètement en dehors du foyer.

Aussitôt que le chariot est engagé sous la trémie, le combustible du foyer se renouvelle par la nouvelle charge qui, s'élevant, soulève constamment devant elle les couches de houille déjà en ignition. L'introduction du combustible se fait ainsi sans ouverture de porte, et, par conséquent, sans admission d'air froid sur le foyer.

Le four ainsi préparé, l'enfournement fait dans les mêmes conditions qu'au bois, on procède à l'allumage. Les grilles sont chargées de 85 kilogrammes de houille; à l'aide d'une ouverture ménagée dans le mur de face du foyer, on introduit du menu bois auquel on met le feu avec un peu de paille. Cela fait, l'orifice d'allumage est bouché et bien luté; le feu gagne rapidement la houille, et, un quart d'heure après, la première charge est élevée dans chaque grille; pendant les deux premières heures, les charges ne sont faites que de douze en douze minutes, et augmentées progressivement jusqu'à douze heures de feu. A cet instant, on commence le grand feu, en chargeant toutes les trois minutes au plus, et en ajoutant à la houille trois bûchettes de bois. La flamme commence alors à se dépouiller de sa fumée, et au bout de six heures de grand feu, c'est-à-dire après dix-huit heures de chauffe, le globe est parfaitement purgé, et la flamme s'élève en gerbes très pures des carneaux et de la cheminée; à partir de cet instant jusqu'à la fin de l'opération, l'élévation des charges ne donne plus la moindre production de fumée.

Après vingt-deux heures de feu, les montres peuvent être retirées; la glaçure doit être brillante, et généralement après vingt-neuf ou trente heures la porcelaine est cuite.

Lorsqu'on a jugé la cuisson suffisante, la dernière charge de houille est remplacée dans le chariot de

chaque alandier par deux briques qui achèvent d'élever sur la grille le combustible contenu dans la trémie. Après la cessation des charges, les appareils, contenant alors une couche de houille de 30 à 40 centimètres, ont pu fournir encore de la flamme pendant près de deux heures.

Dans ces fournées, la consommation est ordinairement pour le four des dimensions indiquées :

Houille de Commentry ordinaire . . .	7,935 kilog.
Houille de Charleroy.	3,965 —
	11,900 kilog.

Bois en bûchettes, 2 stères 1/2.

Dépense évaluée comme suit :

7,935 kil. houille de Commentry, à 40 fr. 75 c. la tonne	323,35
3,965 — houille de Charleroy, à 64 fr. 75 c.	256,45
2,5 st. bois à 13 fr.	32,50
Total. . . .	612,30
La fournée au bois coûtant	1319,11

il y a pour la fournée au charbon de terre une économie de 706 fr. 81 c.

Si nous prenons le rapport de la capacité du four au combustible brûlé, on trouve 129 kilog. par mètre cube. Ces chiffres donnent la mesure de l'économie qui résulte de l'emploi du système Mourot. En s'en rapportant aux documents recueillis sur le terrain de l'expérience, le Berry brûle en moyenne dans des fours de 100 mètres cubes 210 à 220 hectolitres de houille de Commentry, c'est-à-dire de 180 à 190 kilog. par mètre cube.

Quant à la marche et à la conduite des appareils dans le nouveau système, l'élévation des charges se fait avec rapidité, le travail du chauffeur est commode et peu fatigant; il était cependant quelque peu gêné par la chute des escarbilles qui dérangeaient le jeu des organes du petit mécanisme au moyen duquel on soutenait la grille mobile dans l'appareil primitif; la chaleur rayonnée se trouve être si faible qu'elle n'élève pas sensiblement la température de la cage du four. Les grilles restent, après les feux, dans un parfait état de conservation.

Depuis que M. Marquet a donné le mouvement à Limoges, le système Mourot a reçu de nouvelles applications : il devait en être ainsi; car il représente un perfectionnement notable sur les premières méthodes dans lesquelles on s'était contenté de remplacer l'alandier au bois par une grille pour recevoir le combustible minéral.

La conversion du combustible en gaz, véritable solution complète, a été employé à Berlin. Elle est facile aujourd'hui avec les gazogènes, mais l'intermittence du chauffage des fours crée une difficulté d'application.

Passons maintenant en revue les diverses espèces de poteries pour faire quelques observations spéciales à chacune d'elles, en suivant l'ordre indiqué plus haut.

I. POTERIES A PATE TENDRE.

1° *Terres cuites.*

La pâte de ces poteries est ordinairement peu dure, d'une texture lâche et poreuse; elle se fait avec de l'argile figuline ou de la marne argileuse, marchée ou malaxée dans une *tinne* ou tonne à corroyer, rarement lavée, et dégraissée avec du sable, du ciment ou des escarbilles; la cuisson se fait en tas ou dans des fours à foyer inférieur.

Briques. Les briques sont probablement les premiers objets en terre cuite que l'on ait su fabriquer, et ce sont certainement ceux dont la forme est la plus simple. Nous nous sommes déja occupé de leur fabrication dans un article séparé, de sorte qu'il ne nous restera

que peu de choses à ajouter. Les briques communes peuvent se faire avec toutes sortes de terres argileuses que l'on dégraisse au besoin, comme nous venons de le dire; les briques réfractaires au contraire exigent l'emploi d'une argile plastique très pure, mélangée de ciment de la même argile. Généralement on ne lave pas la terre à briques; on la marche ou on la corroie dans une tinne. On moule presque toujours les briques à la main; nous avons décrit, à l'article BRIQUE, qui présente une étude très complète de cette importante fabrication, quelques-unes des principales machines inventées pour les faire par procédés mécaniques.

La cuisson des briques à la houille se fait le plus souvent en tas, par la méthode flamande. La cuisson au bois et à la tourbe se fait toujours dans des fours. Nous avons décrit le four Hofmann excellent pour les grandes fabriques (BRIQUES, p. 17). Généralement on juge de la qualité des briques par leur sonorité, ainsi que par la quantité d'eau qu'elles absorbent dans un temps donné. On essaye les briques réfractaires en les plaçant dans un four à porcelaine ou sur l'autel d'un four à réchauffer le fer; on les cuit toujours dans des fours. En Hollande on cuit les briques ordinaires à la tourbe et à une température beaucoup plus élevée qu'en France, de sorte qu'une partie de la fournée se ramollit toujours et se vitrifie à la surface.

Tuiles, carreaux. La pâte et le moulage des tuiles se font comme pour les briques. Quelquefois on estampe en creux dans les carreaux des dessins ou ornements, et on remplit ces creux avant la cuisson avec de la même pâte, mais colorée par des oxydes métalliques infusibles. La cuisson a toujours lieu dans des fours. Quelquefois on les vernit sur une de leurs faces, en y posant par aspersion un mélange d'environ 1 p. d'alquifoux (sulfure de plomb) et 1 p. de sable broyé; on les place alors de champ dans le four. D'autres fois on les glace, en jetant dans le four et avec le combustible, pendant la période du grand feu, un mélange de sel marin et de litharge, auquel on ajoute un peu d'ocre rouge. (Voy. TUILES.)

Fourneaux, réchauds. Ces poteries se font à la main et non sur le tour; elles se cuisent dans des fourneaux de formes assez variées, mais toujours très simples.

Tuyaux de conduite. Ils se fabriquent comme ceux de grès, comme il a été dit plus haut. (Voy. aussi AGRICULTURE.)

Briques creuses. Ces briques se font ordinairement à la presse, de la même manière que les tuyaux de grès. (Voy. BRIQUES CREUSES, *Complément.*)

Poteries communes. Ces poteries se distinguent des précédentes en ce qu'elles sont faites sur le tour, ou à la main par colombins, mais rarement moulées; elles sont grossières ou fines, souvent noires, soit par suite d'un enfumage qui ramène le fer à l'état d'oxyde noir et qui dépose du charbon à leur surface, soit par l'introduction même d'une matière charbonneuse dans leur pâte. Elles sont en général peu cuites. On les enfourne en charge ou par échappade. Parmi ces poteries nous citerons les suivantes:

Les *hydrocérames* ou *alcarazzas*, qui sont des poteries très répandues dans les pays chauds, et qui, sans laisser l'eau s'écouler à l'état liquide, sont assez poreuses pour s'en laisser pénétrer et traverser, de manière à ce que, arrivée à la face extérieure, elle s'y étende et présente à l'air une grande surface, d'où résulte une évaporation assez rapide pour produire un abaissement de 4 à 7 degrés de la température de l'eau que renferment ces poteries, en lui communiquant quelquefois un goût argileux qui ne déplaît pas à certaines personnes. On donne à la pâte la porosité convenable, en y ajoutant du sable fin ou une terre argilo-sableuse, et la cuisant à une faible température, ou en y introduisant du sel marin qui se dissout ensuite dans l'eau, après la cuisson, et y laisse un grand nombre de petites vacuoles; le dégourdi de porcelaine constitue d'excellentes hydrocérames.

Les *vases d'horticulture* ou *pots à fleurs*, qui se font sur le tour avec de l'argile figuline dégraissée avec du sable siliceux. On les enfourne en charge. Ils doivent être bien cuits et assez sonores; sans cela, ils sont rapidement détruits par l'humidité continuelle à laquelle ils sont exposés.

Les *formes à sucre*, qui s'ébauchent sur le tour ordinaire, et se terminent sur un moule qu'on fixe sur un autre tour. Il faut qu'elles soient assez cuites pour acquérir une dureté assez grande pour résister aux chocs auxquels elles sont exposées.

2° *Poteries tendres lustrées*

Ces poteries sont cuites à une très basse température; leur pâte est fine, bien homogène, opaque, à cassure matte, colorée en jaune ou en rouge, et recouvertes à la surface d'un *lustre* ou enduit vitreux particulier, très mince et très résistant, tantôt rougeâtre, tantôt d'un beau noir, essentiellement composé de silice, rendue fusible par l'addition d'un alcali, et colorée par un oxyde métallique introduit dans sa composition, ou qu'elle prend dans la pâte qu'elle recouvre.

Les poteries campaniennes, improprement désignées sous le nom de poteries étrusques, et les poteries grecques anciennes, appartiennent à cette classe de poteries, qui n'est plus fabriquée nulle part de nos jours, de sorte que nous ne la citons ici que pour mémoire.

3° *Poteries tendres vernissées.*

Les poteries qui constituent actuellement la poterie commune, ne paraissent guère dater que de la fin du moyen âge, quelque temps avant la faïence. Leur pâte est composée d'argile figuline, de marne argileuse et de sable; lorsqu'elle ne renferme pas de calcaire, on en ajoute. Aux environs de Paris elle se compose de 4 parties d'argile plastique et de 1 p. de sable silicieux mélangé naturellement d'un peu de marne ferrugineuse. La fabrication se réduit à l'ébauchage sur le tour. La cuisson est ordinairement double et se fait dans un four en demi-cylindre couché, dans lequel on enfourne les pièces en charge ou en échappade. Le vernis plombifère dont on les recouvre se compose ordinairement, quand il est jaune, d'environ 5 parties de minium, litharge ou galène, 1 p. d'argile plastique et 1 p. de sable silicieux; on le colore en brun par du peroxyde de manganèse et en vert par des battitures de cuivre rouge. Ces poteries sont d'un prix très modique et vont assez bien sur le feu sans se briser; mais leur vernis est souvent fort tendre, facilement altérable, et peut alors être nuisible à la santé.

4° *Poteries émaillées.*

La *faïence commune* ou faïence émaillée a été importée de Perse, ou inventée en Italie par Lucca della Robbia, sculpteur, né à Florence en 1388. Les procédés de fabrication étaient entièrement perdus, ou au moins absolument inconnus en France, lorsque le célèbre Bernard-Palissy parvint, au milieu du seizième siècle, à faire des faïences émaillées, qui sont encore extrêmement recherchées pour le brillant et la vivacité de l'émail qui les recouvre, et la vérité de forme et de couleur avec laquelle sont représentés les objets, tels que poissons, coquilles, reptiles, etc., généralement moulés sur nature, qui sont placés sur ces pièces.

La pâte de ces poteries est composée d'argile figuline de marne argileuse et de sable; les argiles sont lavées. La proportion de sable est d'environ 1/4. Suivant

M. Bastenaire d'Audenard, le mélange doit être fait de telle sorte que la pâte renferme à peu près :

	Faïence: blanche.	brune.
Silice.	0,35	0,38
Alumine ferrugineuse . .	0,58	0,57
Carbonate de chaux. . . .	0,07	0,50
	1,00	1,00

Le façonnage se fait, soit par moulage, soit sur le tour, et alors il comprend ordinairement un ébauchage et un tournassage. On cuit à deux feux, d'abord en biscuit à une température qui varie du rouge cerise au rouge blanc, puis en émail à une température un peu supérieure. Cette cuisson se fait dans le même four, le biscuit émaillé étant placé à la partie inférieure du four et la poterie crue dans la partie supérieure; le cru est enfourné partie en charge, partie en échappade. Pour le biscuit émaillé, en emploie l'encastage en échappade ou celui en cazettes à pernettes. La fig. 27 représente l'*enfournement en échappade:* des tuiles en terre réfrac-

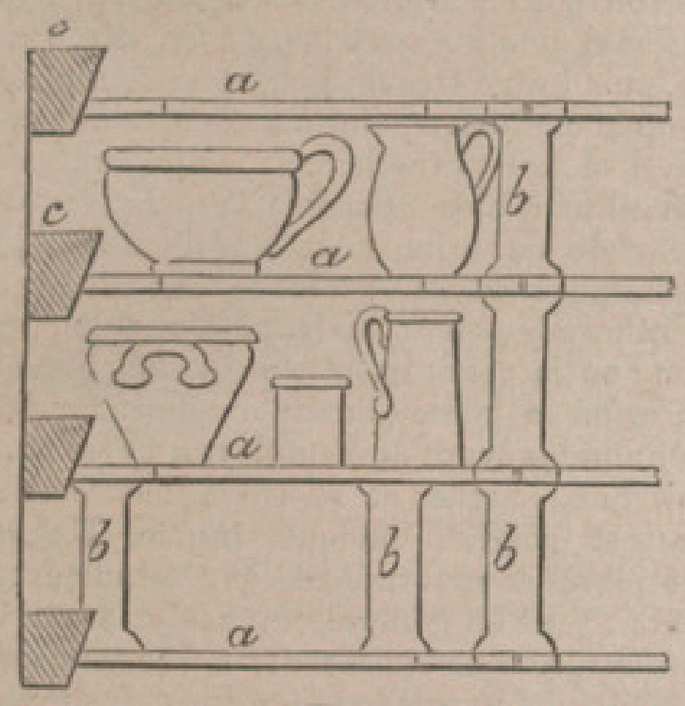


Fig. 27.

taires *a*, *a*, reposant sur des piliers *b*, *b*, forment des planchers sur lesquels on place les pièces à plat, ou en les plaçant sur des colifichets, sortes de trépieds termi-

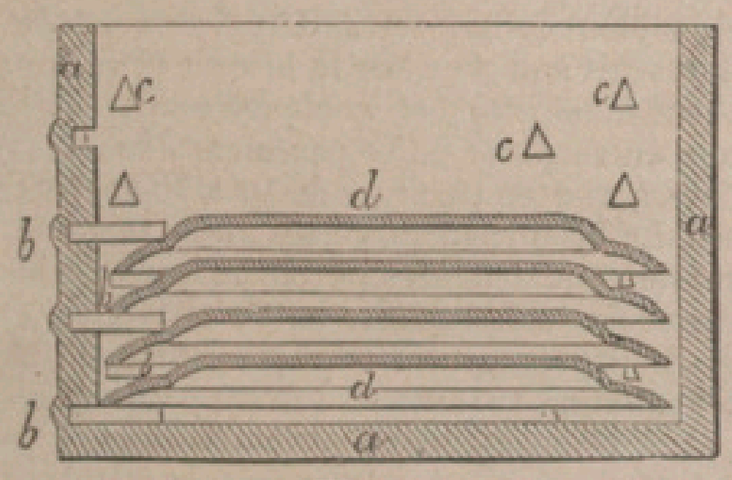


Fig. 28.

nés par des arêtes aiguës. La fig. 28 représente une *cazette à pernettes aa*, dans laquelle on voit la manière d'encaster des assiettes *d*, *d*, ou autres vases semblables, en les soutenant sur les pernettes *b*, *b*. Le four le plus généralement employé est celui représenté fig. 21 et 22.

L'émail brun de la faïence brune est composée de:

Minium.	0,52 à 0,53
Peroxyde de manganèse. . .	0,07 à 0,05
Brique commune pulvérisé. .	0,41 à 0,42
	1,00 1,00

L'émail blanc de la faïence blanche est un silicate alcalino-terreux et plombo-stannifère. On y introduit

les oxydes métalliques à l'état de *calcine* ou potée d'étain, parmi lesquels nous distinguons:

	Calcine nº 1.	Calcine nº 2.
Oxyde de plomb. . . .	0,77	0,82
Oxyde d'étain.	0,23	0,18
	1,00	1,00

Il y a deux sortes d'émail, composées comme il suit :

	Émail dur.	Émail tendre.
Calcine nº 1	0,45	»
Calcine nº 2	»	0,45
Minium	0,02	»
Sable quarzteux lavé . .	0,45	0,45
Sel marin	0,05	0,07
Soude d'Alicante . . .	0,03	0,03
	1,00	1,00

On le colore en jaune par le jaune de Naples, en bleu par l'azur, en vert par les battitures de cuivre et en violet par le manganèse. Souvent on recouvre les pièces de faïence d'émail coloré à l'extérieur, par immersion et d'émail blanc à l'intérieur, par arrosement. On enlève ensuite avec une brosse, avant la cuisson, l'émail sous le pied des pièces qui doivent être encastées en échappade.

La faïence commune est actuellement surtout employée pour la fabrication de pièces largement décorées et de carreaux émaillés, pour poêles et plaques de cheminées. Généralement ces plaques se gercent et tressaillent très facilement par l'effet de la chaleur. On les rend ingerçables en donnant plus de fusibilité à la pâte par l'addition d'une certaine quantité de matières calcaires ou alcalines; mais l'introduction du carbonate de chaux dans la pâte, en quantité un peu considérable, a l'inconvénient de la rendre très sujette à se fendre par de brusques variations de température, lorsqu'elle est exposée à l'action directe du feu. Nous renverrons du reste, pour plus de détails à cet égard, à l'article FAIENCE où la question a été traitée en détail par M. Barral, auteur de recherches fort intéressantes sur les faïences ingerçables.

II. POTERIE A PATE DURE, OPAQUE.

5o *Faïence fine.*

On a certainement fabriqué en France de la faïence fine dans le milieu du seizième siècle, et il reste encore de cette époque des vases d'une beauté remarquable, mais on ignore le lieu de cette fabrication, qui ne dura du reste que quelques années, et fut complètement étouffée par le développement que prit, à peu près vers le même temps, entre les mains de Bernard-Palissy, celle de la faïence émaillée. Ce ne fut qu'au commencement du dix-huitième siècle que l'on commença à faire de la faïence fine en Angleterre, et c'est de 1760 à 1770 que cette fabrication reçut les plus importants perfectionnements entre les mains de Josiah *Wedgwood*, né à Burslem, dans le Staffordshire, en 1730. C'est encore en Angleterre que se fait la plus belle faïence fine.

La faïence fine ou *faïence anglaise* est caractérisée par une pâte blanche opaque, à texture fine, dense et sonore, recouverte d'un vernis vitro-plombifère. La pâte est essentiellement composée d'argile plastique lavée et de silex pyromaque, ou de quartz broyé très fin, et quelquefois d'un peu de chaux; elle est très fine et très plastique. La glaçure est préalablement frittée, et se compose de silice, de soude, d'oxyde de plomb, et souvent d'acide borique. On distingue trois variétés principales de faïence fine; la *faïence fine calcarifère* ou *terre de pipe;* la *faïence fine caillouteuse*, essentiellement composée d'argile platique et de silex, et la *faïence fine dure ou feldspathique*, aussi nommée *lithocérame*, dans la pâte

de laquelle entre une certaine quantité de kaolin, et dont le vernis renferme de l'acide borique. Voici la composition de quelques pâtes et de leurs glaçures, avec le nom des auteurs qui en ont donné la recette.

Pâte de faïence fine calcarifère (Schumann).

Argile plastique	0,854
Silex	0,130
Chaux.	0,016
	1,000

Pâte de faïence fine cailloutée.

1° (Oppenheim et Bastenaire).

Argile plastique de Montereau ou de Dreux	0,87
Silex	0.13
	1,00

2° (Oppenheim et St-Amans).

Argile plastique d'Angleterre . .	0,83
Silex	0,17
	1,00

Pâte de faïence fine feldspathique.

1° (Saint-Amans).

Argile plastique d'Angleterre. . .	0,62
Kaolin	0,16
Silex	0,19
Feldspath altéré.	0.03
	1,00

2° Faïence dite *cream colour* (St-Amans).

Argile plastique d'Angleterre . .	0,82
Silex.	0,16
Feldspath altéré.	0,02
	1,00

3e Pour impressions sur biscuit (Aikin).

Argile plastique d'Angleterre. . .	0,64
Kaolin	0,16
Silex..	0,16
Feldspath altéré.	0,04
	1,00

Glaçure pour terre de pipe.

1° (Schumann).

Feldspath calciné.	0,07
Sable	0,31
Minium.	0,30
Litharge	0,27
Borax.	0,03
Verre de cristal	0,02
	1,00

2° (Bastenaire d'Audenard).

Sable quartzeux	0,36
Minium.	0,45
Carbonate de soude.	0,17
Nitre	0,02
Bleu de cobalt.	0,00001
	1,00

Glaçure pour faïence fine cailloutée.

	1° (Aikin).	2° (Bastenaire).
Sable de feldspath altéré.	0,40	0,42
Minium.	0,23	0,26
Borax.	0,23	0,21
Carbonate de soude	0,14	0,11
Bleu de cobalt	0,00001	0,00001
	1,00	1,00

Glaçure pour faïence fine feldspathique.

1° Pour faïence dite *cream colour* (Aikin).

Kaolin caillouteux.	0,25
Silex	0,13
Oxyde blanc de plomb	0,52
Verre de cristal.	0,10
	1,00

2° Pour faïence imprimée (Shaw).

Kaolin caillouteux	0,28
Silex	0,16
Carbonate de chaux.	0,04
Oxyde blanc de plomb	0,30
Acide borique	0,06
Carbonate de soude.	0,16
	1,00

Quoique les pâtes des faïences fines cailloutée et feldspathique n'admettent pas de chaux dans leur composition, il y en a toujours réellement 1 à 2 p. 100, introduite soit par les argiles, soit même par le silex.

Les argiles et kaolins sont lavés avec soin. Le silex est étonné, puis broyé très fin ; ce broyage, qui s'effectuait autrefois exclusivement à sec entre des meules horizontales, se fait actuellement, en général, à l'eau dans des moulins à blocs. On fait le mélange des matières à l'état de barbotine ou de bouillie assez épaisse, et on le termine en faisant passer le tout à travers un tamis. Le raffermissement de la pâte se fait par l'action du feu ; on la pétrit ensuite mécaniquement dans des *tinnes*, et on la laisse pourrir quelques mois dans des caves humides avant de l'employer. Cette pâte est, en général, fine, longue, et se travaille aisément. Le façonnage est soigné, quoique rapide. Un grand nombre de pièces sont terminées sur le tour avec des calibres ; elles sont en général minces et légères. On les sèche et on les cuit en biscuit à une température de 80 à 100 degrés pyrométriques dans des fours cylindriques à alandiers, chauffés au bois ou à la houille (voy. les fig. 23 à 25). Quant à la glaçure, on forme d'abord, en général, avec une partie de ses éléments, une fritte qui est finement pulvérisée, à laquelle on ajoute ensuite les autres éléments, parmi lesquels se trouve presque toujours le minium. Une faible proportion de bleu cobalt sert à détruire la teinte jaunâtre du biscuit ; on pose sur le biscuit le vernis ainsi préparé par immersion, et quelquefois par arrosage. La cuisson du vernis se fait séparément dans des fours à alandiers, à une température de 10 à 30 degrés pyrométriques. Le biscuit et le vernis de la terre de pipe se cuisent de 25 à 30 degrés pyrométriques. Le biscuit de la faïence fine cailloutée se cuit à 60 degrés, et son vernis à 12 degrés pyrométriques. Enfin, la faïence fine feldspathique se cuit en biscuit à 100 degrés, et son biscuit à 20 ou 30 degrés pyrométriques. L'encastage, tant du biscuit que du vernis, se fait dans des cazettes lutées en supportant les pièces par des pernettes, des colifichets, etc., suivant les cas.

On juge de la qualité de la faïence fine par celle de son vernis ; lorsqu'il est mauvais, il se laisse rayer et entamer facilement par le couteau, et il se noircit lorsqu'on y fait cuire un œuf mêlé d'un peu de graisse.

La faïence fine reçoit très souvent des décorations très variées en fonds de couleurs, lustres métalliques, décoration et peinture par voie d'impression. Les procédés de décoration et d'application des couleurs sont les mêmes que ceux employés pour la porcelaine.

Pipes. Comme appendice aux faïences fines, et en particulier à la terre de pipe, il nous reste à parler de la fabrication des pipes en terre blanche, dont la fa-

brication forme une branche importante des arts céramiques. La matière première est une argile plastique blanche sans aucune addition, corroyée avec soin et non lavée. Un enfant en prend une boule qu'il roule à la main sur une planchette pour en former le tuyau (on prépare aussi ces baguettes au moyen de la presse à colombins), puis il ajoute au bout une petite masse pour le fourneau. Il les passe alors à l'ouvrier qui perce le tuyau avec une tige de laiton ou de fer huilée, et qu'il pousse d'une main jusqu'à une certaine distance du fourneau, pendant qu'il juge et maintient sa direction dans l'axe du cylindre avec deux doigts de l'autre main. Il met alors le cylindre de pâte ainsi préparé, en laissant l'aiguille en place, dans un moule formé de deux coquilles en cuivre, qu'il serre ensuite au moyen d'une vis de pression ; il fait le fourneau au moyen d'un refouloir ou *étampon* en cuivre qu'il enfonce en tournant dans la partie correspondante du moule ; il termine le tuyau en poussant l'aiguille jusqu'à ce que son extrémité apparaisse au fond du fourneau. Il ne reste plus ensuite qu'à ébarber la pipe et à la retirer du moule. Quand les tuyaux doivent recevoir une forme courbe, on la leur donne aussitôt après. Les ornements du fourneau viennent en général au moulage ; quelques-uns, ainsi que les marques, se font au moyen de roulettes gravées. On laisse sécher très lentement, à l'ombre, les pipes ainsi façonnées avant de les cuire. Un ouvrier fait environ 500 pipes par jour.

Les fig. 29 et 30 donnent le plan et la coupe des fourneaux habituellement employés en Angleterre pour la cuisson des pipes : E, chemise cylindrique en briques réfractaires, séparée du massif rectangulaire extérieur D par du sable ; *c*, *b*, *b*, saillies en briques supportant la moufle A, dans laquelle on encaste les pipes sur plusieurs étages *r*, *r*, comme l'indique la fig. 30 ; B, grille que l'on alimente avec de la houille ; *x*, *x*, canaux de circulation de la flamme : N, cheminée d'appel. Un pareil fourneau renferme 2,000 pipes, et chaque feu dure huit à neuf heures.

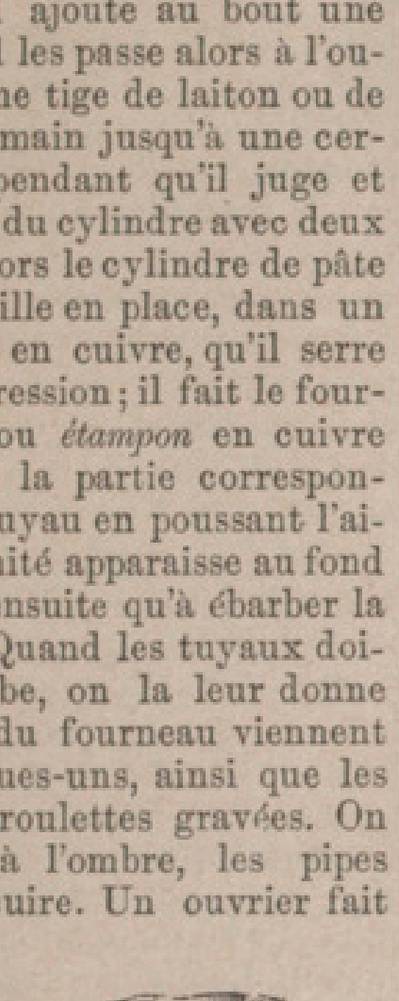


Fig. 29.

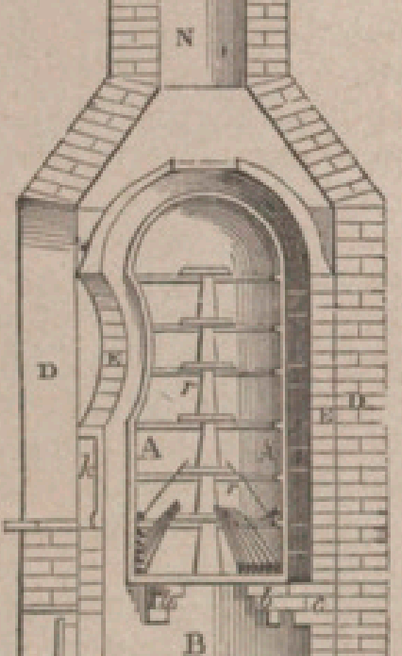


Fig. 30

En France et en Allemagne, on encaste en général les pipes dans des espèces de cazettes ou *boisseaux* en terre cuite, dans lesquels on verse ensuite de la terre cuite réduite en poudre fine, qui, en s'introduisant dans les vides, maintient et soutient les pipes ; on lute ensuite exactement les couvercles coniques que l'on place sur les boisseaux.

Pour rendre les pipes moins happantes aux lèvres, quand ce sont des pipes communes, on les trempe dans de l'eau qui tient un peu d'argile grasse en suspension : il se dépose à la surface des pipes une couche mince d'argile que l'on polit, lorsqu'elle est sèche, avec une flanelle ; pour les pipes plus fines, on les frotte fortement avec une flanelle imbibée d'un vernis, qui se prépare en faisant bouillir avec de l'eau un mélange de savon, de cire et de gomme.

6° *Grès cérames* ou *poteries de grès.*

Cette poterie est à pâte dense, très dure, sonore, opaque, à grain plus ou moins fin ; on doit en distinguer deux sortes, les grès cérames communs et les grès cérames fins.

Pour les grès communs, la pâte se compose d'argile plastique non lavée, dégraissée avec du sable quartzeux, Cette pâte est très plastique et se façonne aisément par moulage ou sur le tour ; la plupart des pièces, comme les pots à beurre, les bouteilles, les tourilles à acides, etc., se font sur le tour ; les bonbonnes, les cornues, etc., se font par le moulage. La cuisson est presque toujours simple et se fait à une température élevée (100 à 120 degrés pyrométriques), dans des fours à réverbère en demi-cylindre couché, à sole horizontale ou inclinée comme celui représenté dans les figures 21 et 22. L'encastage et l'enfournement se font en charge ou en échappade. On cuit au bois ou à la houille, mais on finit toujours au bois, lorsqu'on veut couvrir la poterie d'un lustre silico-alcalin ; dans ce dernier cas, on produit ce lustre, en jetant dans le four, à plusieurs reprises et pendant la période du grand feu, du sel marin qui se volatilise et vient réagir sur la surface des poteries qu'il recouvre d'une couche très mince de silico-aluminate de soude : il paraît que le sel dit de Terre-Neuve, qui a servi à saler la morue, est meilleur pour cet usage que le sel gris ordinaire ; on jette quelquefois une certaine quantité de sel dans la chauffe même. Souvent les grès communs ne sont pas lustrés : en les plongeant en tout ou en partie dans l'eau tenant en suspension de l'ocre jaune, on obtient, suivant la quantité de cette dernière et l'intensité du feu, un enduit d'un brun jaune, d'un ton plus ou moins bronzé et plus ou moins jaune.

Les grès cérames fins diffèrent essentiellement des précédents par la composition de leur pâte et celle de leur glaçure. On ajoute toujours à la pâte une certaine quantité de fondant feldspatique ou autre qui en lie les parties plus intimement et lui donne une cassure un peu luisante ; sa composition est du reste très variable suivant les localités, nous en donnerons quelques exemples :

Composition de pâtes de grès cérames fins.

1° Pâte de grès cérame blanc (Brongniart).

Argile plastique de Dreux.	0,25
Kaolin argileux de Saint-Yrieix.	0,23
Feldspath de Saint-Yrieix	0,50
	1,00

2° Pâte de grès cérame destinée à recevoir diverses colorations (Saint-Amans).

Kaolin	0,14
Argile plastique	0,14
Silex.	0,15
Pegmatite altérée	0,27
Sulfate de chaux	0,21
Sulfate de baryte	0,09
	1,00

3° Pâte de grès cérame noir (Aikin).

Kaolin	0,02
Argile plastique	0,48
Ocre calcinée	0,43
Manganèse.	0,07
	1,00

Le prix assez élevé de cette sorte de poterie permet une préparation et un façonnage soigné de la pâte. La

cuisson se fait dans des fours cylindriques verticaux à alandiers, comme ceux employés pour la faïence fine, chauffés au bois ou à la houille ; l'encastage a lieu en cazettes et on y soutient les pièces au moyen de colifichets.

Souvent ces poteries ne reçoivent aucune glaçure; d'autres fois, on se contente d'enduire l'intérieur des cazettes avec un mélange de :

Sel marin.	0,67
Potasse	0,28
Minium	0,05
	1,00

qui, en se volatilisant pendant la cuisson, vitrifie superficiellement la surface des pièces; enfin, on emploie quelquefois une glaçure vitro-plombeuse, analogue à celle des faïences fines, que l'on pose sur le biscuit de grès par immersion ou par arrosement, et que l'on cuit ensuite à un second feu et à une basse température; voici, d'après M. Saint-Amans, la composition d'une de ces glaçures :

Feldspath.	0,35
Sable quartzeux	0,25
Minium.	0,20
Potasse.	0,05
Borax calciné	0,15
	1,00

On pose souvent à l'intérieur seulement des grès noirs, la glaçure suivante :

Minium.	0,84
Silex.	0,14
Oxyde de manganèse.	0,02
	1,00

Les pièces recouvertes de ces enduits plombifères, sont susceptibles d'être richement décorées avec des lustres métalliques ou des ornements en couleurs très variées. C'est au célèbre Wedgwood que la fabrication des grès cérames fins doit ses plus importants progrès. On en a fait quelque temps d'une rare beauté dans la fabrique que M. Ziégler, peintre distingué, avait établie en France, à Voisinlieu, près de Beauvais, où on fabrique des grès communs.

Des tuyaux de conduite en grès. Les tuyaux de grès se faisaient autrefois sur le tour, actuellement on les fait à la presse, ainsi qu'il a été dit plus haut.

On donne généralement à ces tuyaux 1m50 à 2 mètres de longueur. On les cuit d'abord en grès, sans aucune glaçure, dans des fours carrés analogues à celui représenté plus haut, où on les place verticalement sur plusieurs étages. On augmente leur imperméabilité en les recouvrant intérieurement d'un vernis plombifère, ce qui exige dans ce cas, une seconde cuisson.

On est parvenu à obtenir ainsi des tuyaux de grès assez résistants pour qu'on les préfère aux tuyaux en fonte pour les écoulements des eaux ménagères. Ils ont le grand avantage de ne pas se détruire comme ceux-ci par une oxydation. A Londres notamment, ils sont exclusivement employés pour porter aux égouts les eaux des maisons.

Creusets. Nous avons donné ailleurs la fabrication des creusets, dont la propriété capitale doit être l'infusibilité à la température nécessaire pour la fabrication à laquelle ils sont destinés, et eu égard à la nature des substances qui doivent être fondues dans leur intérieur. Ce sont ces conditions qui font varier la fabrication en raison des applications (Voyez ACIER, CREUSETS et VERRE).

III. POTERIES A PATE TRANSLUCIDE.

7° *Porcelaine dure.*

La porcelaine dure est caractérisée par une pâte fine, dure, translucide, et une glaçure dure et terreuse, dite couverte. C'est la plus belle, la plus résistante de toutes les poteries. Nous prendrons ici pour type de la fabrication de cette poterie, celle qui se fait à la Manufacture de Sèvres.

Les éléments qui entrent dans la composition des pâtes et couvertes sont le kaolin, le feldspath, la craie, et quelquefois le sable siliceux, l'argile plastique et la poudre de porcelaine cuite ou dégourdie. Le kaolin vient de Saint-Yrieix; il y en a, comme nous l'avons dit, deux variétés principales, l'argileux et le caillouteux, qui, par lévigation, donnent des argiles et sables correspondants. Le feldspath est pris dans une roche de quartz et de mica, qui porte le nom de pegmatite et qui vient également de Saint-Yrieix. Le sable siliceux est tiré d'Aumont, près Creil. La craie vient de Bougival. Enfin, l'argile plastique est tirée d'Abondant, près de la forêt de Dreux. La préparation de ces matières ayant été décrite au commencement de cet article, nous n'y reviendrons pas; nous ferons seulement observer qu'elle se fait avec le plus grand soin, et que c'est particulièrement aux pâtes de porcelaine que s'applique le procédé de raffermissement par pression, que nous avons décrit précédemment; les pâtes plus plastiques des faïences et grès s'y prêtent difficilement. La composition de la pâte de service de Sèvres est d'environ:

Silice	0,580
Alumine.	0,345
Chaux.	0,045
Potasse	0,030
	1,000

Chaque fois que l'on reçoit une livraison de kaolins, après les avoir lavés, on analyse les sables et argiles qu'on en retire, et on les mélange entre eux et avec de la craie, et au besoin avec du sable siliceux d'Aumont, de manière à arriver à la composition ci-dessus, ce qui se fait au moyen d'un calcul que l'on conçoit aisément.

La pâte de sculpture, pour les statuettes et autres objets qui ne doivent pas recevoir de couverte et se cuisent en biscuit, est composée d'environ:

Argile de kaolin caillouteux . . .	0,64
Feldspath.	0,16
Sable d'Aumont	0,16
Craie	0,04
	1,00

Les très grandes pièces se font ordinairement avec une pâte plus plastique que les précédentes et dont la composition, due à M. Régnier, est de :

Argile de kaolin caillouteux. . .	0,43 à 0,44
Argile plastique d'Abondant. . .	0,21 à 0,25
Feldspath	0,16 à 0,17
Sable quartzeux d'Aumont . . .	0,16 à 0,09
Craie.	0,04 à 0,05
	1,00 à 1,00

Nous avons décrit précédemment d'une manière sommaire les diverses méthodes de façonnage; on les applique toutes à Sèvres, suivant la forme des pièces à fabriquer. Nous rappellerons seulement que les assiettes ordinaires et autres objets analogues se moulent à la croûte, et sont ensuite soumis au calibrage.

Après une dessiccation lente à l'air, les pièces de porcelaine sont desséchées, ou *dégourdies*, à flammes

perdues, dans l'étage supérieur du four à porcelaine. Comme les pièces ne peuvent contracter dans cette opération aucune adhérence, on les enfourne dans des cazettes en se contentant de les séparer par une couche de sable quartzeux. C'est dans le même étage que l'on cuit les cazettes, dont la pâte se compose de 0,40 d'argile plastique ordinaire lavée, et de 0,60 de ciment plus ou moins grossier de ces mêmes cazettes.

La couverte est ordinairement composée de pegmatite de Saint-Yrieix, qui se compose en moyenne de :

Silice	0,74
Alumine	0,18
Potasse	0,07
Chaux et magnésie	0,01
	1,00

On la pose par immersion sur le dégourdi ; l'immersion ne dure que quelques secondes. On réduit la pegmatite en poudre extrêmement ténue ; on juge de sa ténuité par le temps qu'elle met à se précipiter, au quart, au tiers ou à la moitié d'un vase cylindrique gradué, après qu'on l'a mise en suspension dans l'eau par l'agitation. On y ajoute quelquefois jusqu'à 5 p. 100 de pâte de sculpture, pour la rendre plus fusible et lui donner plus d'étente. On la délaye ordinairement dans une fois à une fois et demie son poids d'eau.

La cuisson de la porcelaine dure est essentiellement simple, le dégourdi n'étant pas une véritable cuisson. Elle se fait à une température très élevée (140 degrés pyrométriques environ), suffisante pour que la pâte en se ramollissant devienne translucide et pour que la couverte se vitrifie. Elle a lieu dans des fours à alandiers ; à Sèvres, elle se fait actuellement dans un four à deux étages de foyers et à huit alandiers, qui est représenté fig. 32.

L'encastage des pièces est une opération très délicate et qui exige le plus grand soin. Les pièces creuses, comme les pots, tasses, etc., sont placées dans des cazettes composées de cercles à talons superposées ; on place sur les talons des rondeaux qui servent à supporter les pièces. Autrefois la platerie (assiettes, etc.) s'encastait dans des cazettes à cul de lampe *a*, *a*

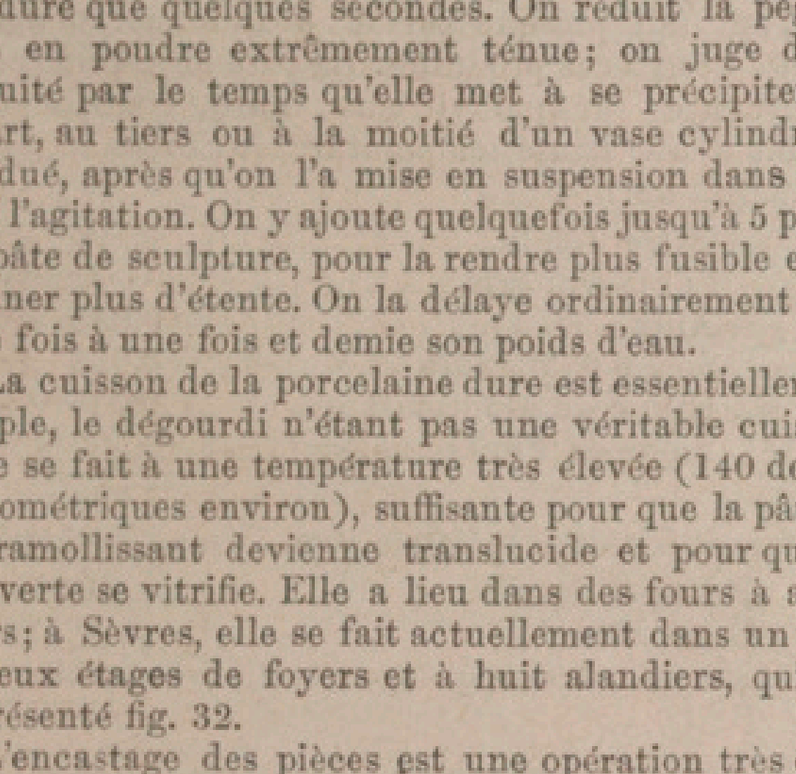


Fig. 31.

(fig. 31 A), portant des rondeaux *b*, *b*, sur lesquels on plaçait les pièces. Depuis quelques années on emploie l'encastage *Régnier*, qui donne au moins, suivant Brongniart, 30 pour 100 de bénéfice sur l'encastage en cul de lampe, tant parce qu'il diminue les déchets dus à la chute des grains, que parce qu'il occupe beaucoup moins de place, comme l'indique la fig. 31 B, où *a'*, *a'*, sont les cerces Régnier, et *b'*, *b'*, des pièces qui servent à supporter les assiettes *c'*, *c'* ; ces pièces sont percées en leur centre d'une ouverture ronde qui les rend moins sujettes à se fissurer par l'action du feu. Les pièces cuisent sur leur pied, quand celui-ci est assez fort, sinon on les cuit séparément. Certaines pièces, comme les soupières, les tasses, etc., se cuisent à *boucheton*, c'est-à-dire en reposant par leur ouverture, privée de couverte, sur un support plat ou légèrement conique. Cette partie doit alors être polie ensuite sur

le tour, pour pouvoir recevoir la dorure, ou bien elle est émaillée au feu de moufle. On soutient en outre certaines parties des pièces, pour empêcher leur déformation, par des cercesappropriées, faites avec la même pâte afin d'éprouver le même retrait, et qui les soutiennent toujours verticalement. Non seulement on

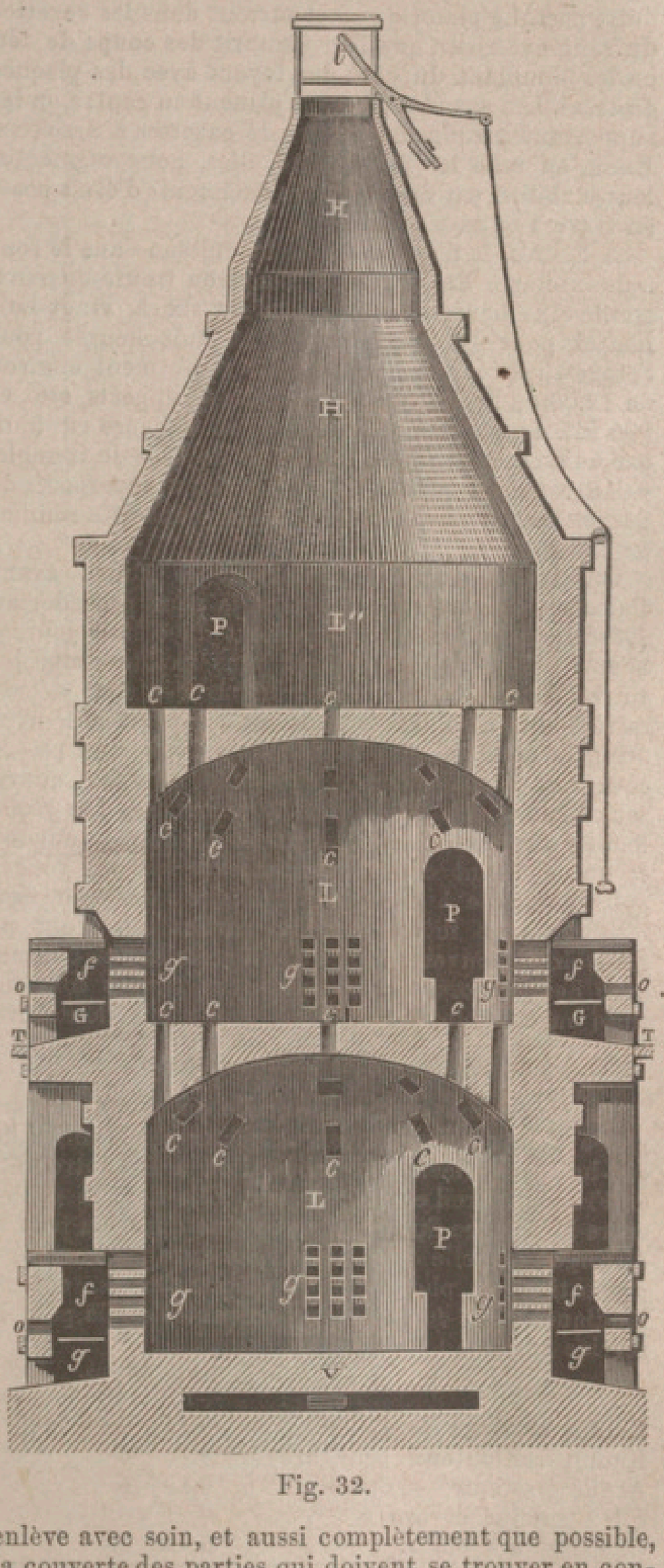


Fig. 32.

enlève avec soin, et aussi complètement que possible, la couverte des parties qui doivent se trouver en contact avec un support quelconque, mais encore on les *terre*, pour prévenir l'adhérence qui résulterait du ramollissement de la porcelaine. Ce terrage se fait, soit avec un léger enduit d'argile plastique, soit avec du sable fin très pur, non broyé, que l'on rend adhérent avec un peu d'argile délayée dans de l'eau, ou même avec de la gomme dont on enduit le bord de la pièce. Pour cuire les tubes, glacés seulement intérieurement, on les place horizontalement les uns sur les autres dans une sorte de gouttière en porcelaine cuite, en les terrant convenablement pour prévenir toute adhérence.

L'enfournement des pièces dans le four doit être fait

avec le plus grand soin. On place les cazettes sur plusieurs rangées circulaires, et en laissant entre elles un espace suffisant pour la circulation de la flamme. On les assied bien verticalement sur un lit de sable quartzeux dont on recouvre la sole du four et on les lute. Près de cette sole la température est moins élevée qu'en tout autre part. La platerie se met surtout dans les cazettes du rang extérieur, que l'on garantit des coups de feu en les doublant du côté des foyers avec des plaques cintrées. Les grandes pièces se placent au centre, en les supportant sur plusieurs piles de cazettes à assiettes. Enfin, on relie les piles entre elles, pour augmenter leur stabilité, par des *accots* ou fragments d'étuis posés en travers et fixés par du lut.

A Sèvres, le temps total de la cuisson dans le four à deux étages de foyers est d'environ trente-quatre à trente-six heures, savoir : vingt-six à vingt-huit heures pour l'étage inférieur, et huit heures pour l'étage supérieur. Les deux fours renferment environ de 12.000 à 14.000 kil. de cazettes, supports, etc., et 800 kil. de porcelaine cuite, et on dépense en tout, par cuisson, à peu près 60 stères de bois de tremble, valant environ 800 fr. Les deux fours superposés de Sèvres ont même diamètre; leurs capacités réunies font 35^{mc},823.

On laisse refroidir lentement le four, avant d'abattre les portes en maçonnerie pour procéder au défournement. Ce refroidissement dure huit jours à Sèvres ; il est généralement plus rapide dans les autres fabriques. Les pièces défournées sont débarrassées du sable de terrage en les frottant avec un grès artificiel, dur et friable, qui ne raye pas la couverte, et qui se compose de 0,96 de sable quartzeux brut et de 0,04 de pâte de porcelaine. Les *grains* tombés des cazettes sur les pièces pendant la cuisson et qui s'y sont collés, sont enlevés sur un tour à polir analogue à celui du lapidaire ; on polit également sur le même tour les parties qui n'ont pu recevoir de couverte, parce qu'elles étaient en contact avec des supports quelconques; ces parties sont ensuite susceptibles de recevoir une très belle dorure.

8° *Porcelaine tendre naturelle.*

La porcelaine tendre naturelle ou porcelaine anglaise a pris naissance en Angleterre au milieu du dix-huitième siècle; sa fabrication a été introduite en France, à Creil et à Bordeaux. Elle tient le milieu entre la faïence fine et la porcelaine dure. La pâte se distingue de celle de la porcelaine dure par une forte proportion de phosphate de chaux des os, comme l'indiquent les compositions suivantes de la pâte de service anglaise :

	Saint-Amans. 1)	2)	Aikin. 3)
Kaolin argileux lavé.	0,11	0,41	0,310
Kaolin caillouteux brut, broyé.	»	»	0,260
Argile plastique	0,19	»	»
Silex calciné et broyé.	0,21	0,16	0,025
Os calcinés à blanc.	0,49	0,43	0,405
	1,00	1,00	1,000

Cette pâte est plus plastique que celle de la porcelaine dure. Elle se façonne à très peu près comme celle des faïences fines. On la cuit en biscuit en plaçant les pièces les unes dans les autres, après les avoir saupoudrées de silex, ou sur des *renversoirs* sablés. Les fours sont les mêmes que ceux employés pour les faïences fines, et qui sont représentés plus haut. La glaçure est un enduit vitro-plombeux et boracique, généralement plus dur que celui des faïences fines, mais moins que la couverte des porcelaines dures, et se laissant rayer par l'acier; elle se pose par immersion. Sa composition est très variable, quant aux

POTERIES.

proportions; nous citerons comme exemple la recette suivante, due à M. Saint-Amans:

Feldspath.	0,48
Silex ou sable quartzeux.	0,09
Borax non calciné	0,22
Verre à cristal	0,21
	1,00

On fait fritter le mélange et on y ajoute, après broyage, 11 à 12 parties de minium. L'encastage du biscuit en vernis se fait facilement, la cuisson ayant lieu à une température bien inférieure à celle nécessaire pour ramollir la pâte, et s'opère comme pour la faïence fine. Les fours sont chauffés à la houille.

9° *Porcelaine tendre artificielle.*

La porcelaine tendre artificielle, ou porcelaine française, a précédé en France la porcelaine dure, mais sa fabrication présentait de grandes difficultés qui l'ont fait presque partout abandonner, malgré la beauté des pièces produites. La pâte en est marneuse, fine, dense, presque vitreuse, dure, translucide et fusible à une haute température. A Sèvres, la pâte se composait de :

Nitre fondu.	0,220
Sel marin gris.	0,072
Alun	0,036
Soude d'Alicante	0,036
Gypse de Montmartre	0,036
Sable de Fontainebleau . . .	0,600
	1,000

On faisait fritter ce mélange et on formait la pâte avec :

Fritte ci-dessus.	0,75
Craie blanche	0,17
Marne calcaire d'Argenteuil, lavée.	0,08
	1,00

Cette pâte n'ayant aucun liant, était toujours façonnée par moulage, après avoir reçu un peu de ténacité par l'addition d'une certaine quantité de gomme adragante; on terminait les pièces par un tournassage à sec sur le tour, opération nuisible à la santé des ouvriers. L'encastage du biscuit offrait de grandes difficultés, et on était obligé de soutenir les pièces par des rondeaux et renversoirs sablés et formés de la même pâte, afin d'en suivre exactement le retrait. Le vernis se plaçait par arrosement; il se composait de :

Sable de Fontainebleau calciné.	0,27
Silex calciné	0,11
Litharge	0,38
Carbonate de soude.	0,09
Carbonate de potasse.	0,15
	1,00

On mêlait ces matières broyées, on les fondait dans des creusets, on les pilait de nouveau, et on les fondait une seconde fois avant l'application sur le biscuit. La cuisson du vernis se faisait dans le même four que celle du biscuit, à une plus basse température. L'encastage n'offrait pas de difficultés, seulement il fallait avoir soin d'enduire intérieurement les cazettes du même vernis, afin qu'elles n'absorbassent pas celui des pièces placées dans leur intérieur. Ce vernis avait à peu près la même dureté que celui des porcelaines tendres anglaises.

10° *Parian ou paros.*

Le parian ou porcelaine imitant le paros est d'origine anglaise; il paraît avoir été fait pour la première fois par M. Copeland vers 1848.

Le parian présente des avantages réels sur le biscuit de porcelaine ; la teinte est plus jaunâtre, moins froide, plus analogue à celle du marbre des antiques. Il est aussi plus fusible, et prend par l'action du

feu, sans secours d'aucun vernis, un glacé bien plus flatteur que celui des biscuits de porcelaine.

La composition de cette pâte est assez variable; la coloration s'obtient sans addition de matières colorantes; elle est simplement due à la quantité de l'oxyde de fer accidentellement et naturellement contenu dans les matières premières; elle tient aussi, soit à la température qui n'est pas assez forte pour réduire tout le fer à l'état de silicate de protoxyde, soit à la séparation du peroxyde pendant le refroidissement. Dans tous les cas, les fours à faïence fine paraissent satisfaire à toutes les conditions convenables au développement de cette teinte et comme température et comme composition d'atmosphère gazeuse.

La pâte est peu plastique; elle se rapproche par sa nature de la pâte de porcelaine tendre anglaise; elle prend 30 pour 100 de retraite, et ne se façonne avec facilité que par le procédé de coulage. Cependant elle peut être moulée; le façonnage au moyen du tour ne lui serait appliqué qu'avec les plus grandes difficultés. Elle cuit en une seule fois dans le four à faïence fine, mais elle peut recevoir une glaçure plombifère dure et brillante, et s'appliquer de la sorte aux articles de consommation ménagère. Dans le Staffordshire, on cuit à plusieurs feux de biscuit, jusqu'à ce que le ton ait acquis la nuance jaunâtre qui plaît au consommateur.

J'ai fait une pâte qui donne de bons résultats, et je la donne ici comme exemple autour duquel peuvent osciller les compositions de ces diverses fabriques :

Feldspath cristallisé de Bayonne. . .	100
Kaolin lavé.	40
Argile de Dreux.	10

La proportion de kaolin peut être diminuée si le ton n'est pas assez jaunâtre et si la fusibilité n'est pas assez considérable; on augmente, pour obtenir la coloration, le dosage de l'argile, qui doit être plastique.

COLORATION ET DÉCORATION DES POTERIES.

Cette question a été traitée si complètement par Salvetat, chimiste pendant quarante ans à la manufacture de Sèvres, dans l'article DÉCORATION CÉRAMIQUE (*Complément*), que nous ne pouvons qu'y renvoyer nos lecteurs. Nous dirons seulement quelques mots du posage des couleurs et de la cuisson au moufle des peintures sur porcelaine.

Posage des couleurs.

Le posage des couleurs se fait sur la pâte et sous la glaçure, dans la glaçure et sur la glaçure.

Le posage sous glaçure ou *par application*, n'est guère usité que pour la porcelaine et pour les couleurs de grand feu; on l'applique sur le dégourdi en l'imbibant d'abord d'eau, pour le rendre moins absorbant, ou en y faisant des réserves avec du suif fondu; dans ce dernier cas, il faut détruire la matière grasse, par un nouveau passage au feu de dégourdi, avant d'y appliquer la couverte.

Le posage des couleurs sur la glaçure se fait ordinairement au *pinceau* et, pour les fonds ou teintes plates, au *putois*, sorte de pinceau qui a la forme d'une brosse. On délaye préalablement les couleurs en les broyant sur une glace avec de l'essence de térébenthine bien rectifiée, mêlée d'un peu de la même essence rendue grasse par l'exposition à l'air, et quelquefois d'un peu d'essence de lavande, qui a l'avantage d'être moins volatile que l'essence de térébenthine. Certains fonds de couleur qui doivent être mis à une assez grande épaisseur, ou qui sont difficiles à étendre au putois, se posent au *mordant*; dans ce cas, on recouvre les parties de la pièce qui doivent recevoir la couleur avec de l'huile de lin ou de noix lithargirée, que l'on pose au putois, puis on les saupoudre au tamis avec la couleur finement broyée et bien sèche.

L'or, le platine et l'argent, se posent généralement avant les couleurs de moufle et se cuisent presque à la température du demi-grand feu; on y ajoute quelquefois du noir de fumée, lors du posage, pour les rendre plus coulants et pour mieux distinguer les traits que l'on fait.

Posage des couleurs par impression.

Ce posage se fait, soit sur biscuit, soit sur glaçure; la seule différence est que le biscuit ou dégourdi n'a généralement besoin d'aucune préparation, tandis que la glaçure doit être préparée en l'enduisant, soit d'eau alunée faible, soit d'essence de térébenthine mêlée de 1/12 de vernis de copal, et laissant sécher complètement. L'impression s'opère de deux manières différentes : tantôt on encre la planche type, gravée en taille-douce, avec une encre grasse formée avec de l'huile de lin ou de noix cuite, puis mélangée avec une couleur vitrifiable, ou une poudre métallique, et, excepté pour les noirs, verts et rouges, avec une proportion variable de noir de fumée; on tire cette planche sur du papier humide et sans colle, très fin pour le posage sur glaçure, beaucoup plus tenace pour le posage sur biscuit ou dégourdi, et on décalque aussitôt après, sur la poterie, l'épreuve encore humide; tantôt on encre seulement la planche en taille-douce avec de l'huile de noix cuite mêlée d'un peu d'essence de térébenthine; on en tire, soit directement, soit par voie de transport, une épreuve sur une plaque mince de gélatine, qui sert à son tour à le transporter par application sur la poterie; cette dernière se trouve ainsi imprimée en *mordant*, sur lequel on fixe par saupoudrage les couleurs vitrifiables ou les poudres métalliques. Lorsqu'on imprime sur biscuit, il faut repasser ce dernier au feu, pour détruire les matières grasses avant de poser la glaçure.

Cuisson des couleurs.

Les couleurs de grand feu se cuisent avec la glaçure, les couleurs de demi-grand feu et les couleurs tendres se cuisent dans des moufles. La fig. 33 en donne une coupe. L'enfournement ne s'exécute qu'après que l'on a porté préalablement à une température supérieure à 100° le moufle et les pièces qu'il doit renfermer. La cuisson a lieu exclusivement au bois et au charbon de bois; il est essentiel qu'aucune fumée ou vapeur ne puisse pénétrer dans le moufle, ce qui altérerait les couleurs. Le feu est conduit régulièrement, lentement d'abord, puis très rapidement vers la fin. On apprécie la température par la couleur du feu et par la nuance que prend le carmin de poudre de Cassius mis sur une petite lame de porcelaine et portée dans le milieu du moufle au bout d'un fil de fer. La cuisson ne dure que peu d'heures. P. D. et S.

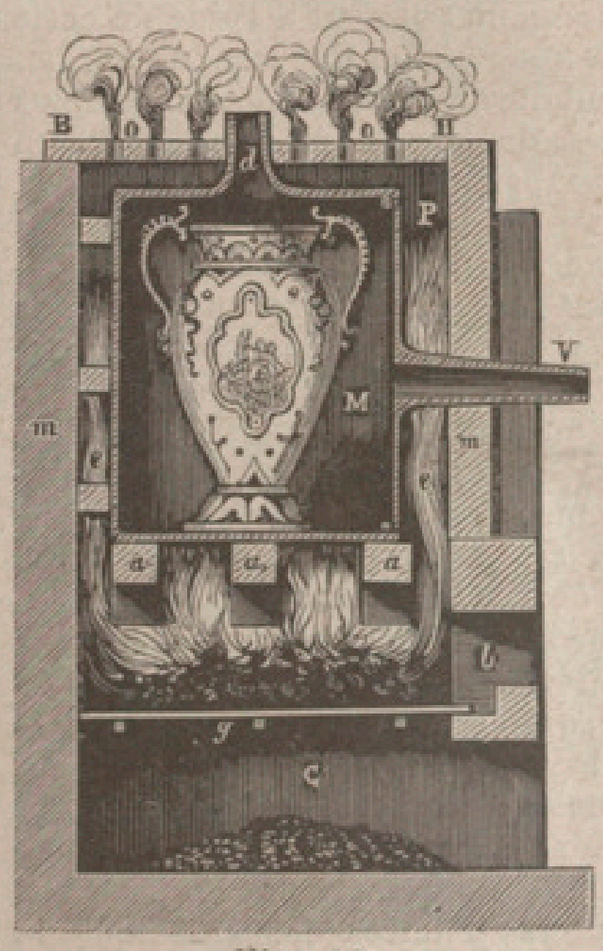


Fig. 33.

POTIER D'ÉTAIN. La poterie d'étain se fait avec un alliage ordinairement composé de 0,82 d'étain et de 0,18 de plomb, que l'on coule dans des moules en bronze.

POUDRE. (*Ang.* Powder, *all.* Pulver). *Historique.* La poudre est un mélange, dans certaines proportions, de soufre, de charbon et de salpêtre. La date de son invention est loin d'être connue. D'après un passage de Quinte-Curce, quelques savants veulent que les Indiens aient tiré contre Alexandre des projectiles dans des armes à feu. Les Chinois la connaissaient 80 ans avant Jésus-Christ; mais il paraît qu'ils ignoraient le parti qu'on pouvait en tirer pour lancer des projectiles. 215 ans après Jésus-Christ, Julius Africanus fit la description de la composition de la poudre, et, au sixième siècle, Théodose décrivit les feux d'artifice. Ce qui tendrait à prouver que le salpêtre et la poudre sont venus aux Perses et aux Arabes de l'Orient, c'est qu'encore aujourd'hui les Perses appellent le salpêtre sel chinois, et les Arabes le désignent sous le nom de neige chinoise.

Ce qui paraît certain, c'est qu'on se servit longtemps du mélange des parties constitutives de la poudre pour la confection des feux d'artifice, sans connaître leur force de projection. En 1173, elles étaient ainsi employées en Perse. Albertus Magnus, dans les ouvrages hermétiques qu'il publia vers 1250, indique cet usage de la poudre. A la même époque, Marcus Græcus fit paraître un livre sur le feu propre à brûler les ennemis, tant sur terre que sur mer et donna les moyens de construire des fusées et des pétards qui éclataient avec bruit, en employant un mélange bien pulvérisé de 6 parties de salpêtre, 1 partie de soufre et 2 parties de charbon.

En 1220, Roger Bacon avait déjà dit qu'on peut imiter le bruit du tonnerre, le surpasser même, et produire des feux plus brillants que les éclairs, avec du salpêtre, du soufre et du charbon, lesquels séparément ne font aucun effet, mais qui, étant mêlés ensemble et renfermés dans quelque chose de creux et de bouché, font plus de bruit et d'éclat qu'un coup de tonnerre. Il ajoute qu'on pourrait à l'aide de cette composition détruire une ville ou une armée.

Mais le hasard seul devait faire découvrir les plus précieuses propriétés de la poudre. En 1320, un moine allemand, Berthold Schwartz, de Fribourg, s'occupant à préparer le mélange de salpêtre, de soufre et de charbon indiqué par Marcus, avait déposé sa matière dans un mortier recouvert d'une grosse pierre, le feu y prit par accident, et la pierre fut lancée au loin avec une très grande force. De ce jour la poudre, telle que nous la connaissons aujourd'hui, put réellement être placée au nombre des inventions humaines; mais ce ne fut qu'au commencement du seizième siècle que son usage prit une grande extension et devint général.

Propriétés. C'est par la combustion de ses deux éléments très combustibles mélangés avec un corps très oxydant, le salpêtre, qui dégage de la chaleur en se décomposant, que la poudre donne naissance à des produits dont l'expansion projette au loin les corps qu'on lui oppose. (Voir à POUDRES NOUVELLES, *Complément*, l'intéressant travail consacré par M. Foucher, aux poudres composées d'autres éléments que la poudre ancienne toujours préférée pour les armes à feu.) Nous allons dire un mot des phénomènes de l'inflammation et de la combustion, des produits qui en résultent, et enfin de la tension des gaz produits ou de la force absolue de la poudre.

Combustion. La poudre peut être enflammée par une étincelle électrique, par le contact d'un corps en ignition, ou par un échauffement subit de 280 à 300 degrés. En l'échauffant graduellement et lentement, elle se décompose sans explosion, parce qu'il n'y a pas combinaison; le soufre, se sublimant, se dégage en entraînant un peu de charbon. Le choc peut développer une chaleur suffisante pour enflammer la poudre de guerre; il est donc d'un haut intérêt d'éviter tous les chocs violents, quels qu'ils puissent être, dans le maniement des poudres.

Il faut que la poudre soit grainée pour produire de grands effets. L'explication de ce phénomène est simple : la poudre en grains laisse des interstices qui, dès le commencement de l'inflammation, se trouvent remplis de gaz à une haute température, en sorte que tous les grains entrent en combustion à la fois.

On distingue donc deux sortes de vitesses : la vitesse d'inflammation, qui est celle avec laquelle toute une charge prend feu, et la vitesse de combustion, avec laquelle un grain enflammé par sa surface se consume. C'est la somme de ces deux vitesses qui donne celle de la formation des gaz produits, d'où résulte la force d'expansion de la poudre.

Vitesse d'inflammation. Cette vitesse est immense, difficile à apprécier; on admet qu'elle est au moins de 10 mètres par seconde.

On a remarqué aussi :

Qu'elle diminue quand la grosseur des grains augmente; que le charbon noir lui est plus favorable que le charbon roux: que, dans les bouches à feu, si les grains sont ronds, les interstices sont plus nombreux, les gaz se répandent plus facilement et les circonstances sont plus favorables à l'inflammation; que si les grains sont anguleux, ils peuvent se resserrer, et qu'alors la vitesse d'inflammation diminue; enfin, que si la charge était composée de poussière ou pulvérin, la flamme ne trouverait plus de passage, et la vitesse d'inflammation finirait par se confondre avec la vitesse de combustion. C'est sur cette observation que le savant Piobert a basé le moyen de conserver les poudres à l'abri des chances d'explosion, en les mélangeant avec du charbon en poussière, de graphite, dont on peut séparer les grains par un simple tamisage, au moment de l'emploi.

Vitesse de combustion. La vitesse de combustion est plus facile à constater; des observations assez exactes font voir qu'un grain isolé se consume de la surface au centre avec une vitesse de $0^m,01233$ par seconde. On connaît la vitesse initiale d'un projectile, par conséquent le temps qu'il met à parcourir la longueur de l'arme dans laquelle il se déplace. Pour que la poudre fasse tout son effet, il faut qu'elle soit toute consumée au moment où le projectile, quittant l'arme, n'est plus soumis aux gaz développés à chaque instant; il est donc intéressant d'avoir une formule qui donne la quantité de poudre brûlée en un instant quelconque.

Supposons un grain sphérique (La différence que l'on obtiendrait dans le résultat, pour un grain qui serait simplement un sphéroïde, est négligeable sans inconvénient.) Appelons t' le temps total de combustion pour ce grain, et t le temps de combustion pour une certaine quantité de la poudre qui le compose; R étant le rayon primitif, r le rayon de la sphère persistante après une combustion, opérée pendant le temps t, nous aurons:

$r : R :: t' - t : t'$, ou $\frac{r}{R} = \frac{t'-t}{t'} = 1 - \frac{t}{t'}$. La sphère entière étant prise pour unité, nous aurons pour expression du volume de poudre brûlée $1 - \left(1 - \frac{t}{t'}\right)^3$ car la sphère persistante a pour volume $\left(1 - \frac{t}{t'}\right)^3$.

Si le volume primitif est A, l'expression de la quantité de poudre brûlée en un instant quelconque devient alors $A\left[1 - \left(1 - \frac{t}{t'}\right)^3\right]$.

Diverses circonstances influent sur la vitesse de combustion.

Dans des expériences faites à Dresde, en 1818, pour connaître au juste la grosseur qu'il convient de donner aux grains de la poudre de guerre, on a reconnu qu'en dépassant celle généralement adoptée, ces grains étaient projetés hors de la pièce sous forme de pluie de feu (Voy. POUDRE. *Comp.*).

Nous avons dit qu'une poudre ayant une densité de 1,530, en prenant celle de l'eau pour unité, brûle avec une vitesse de $0^m,01233$ par seconde; mais si cette poudre contient 5 p. 100 d'eau, la vitesse de combustion n'est plus que de $0^m,010$.

Les proportions des composants exercent aussi une influence notable. Pour que la vitesse de combustion soit la plus grande possible, la proportion de soufre doit être comprise entre 8,50 et 12,20 pour 100. D'un autre côté, la proportion de soufre restant la même, celle de charbon diminue, la vitesse de combustion se ralentit.

Enfin, la trituration plus ou moins parfaite peut faire varier considérablement cette vitesse et aller jusqu'à la modifier de 1/7.

Produits de la combustion. La combustion donne lieu à des produits de deux natures bien distinctes, produits solides et gaz permanents. Leur proportion a été fixée par une analyse de la combustion due au savant chimiste Bunsen, en produisant la détonation des grains de poudre dans un espace fermé.

A. *Poudre.*

	Nitre	79,99
	Soufre	9,84
Charbon	Carbone	7,69
	Hydrogène	0,41
	Oxygène	3,07
		100,00

B. *Produits solides de la décomposition.*

Sulfate potassique	62,10
Carbonate potassique	18.58
Hyposulfate potassique	4,80
Sulfure potassique	3,13
Sulfocyanure potassique	0,45
Nitrate potassique	5,47
Charbon	1,07
Soufre	0,20
Sesquicarbonate ammonique.	4,20
	100,00

C. *Produits gazeux de la décomposition.*

Acide carbonique	52,67
Nitrogène.	41,12
Oxyde carbonique	3,88
Hydrogène	1,21
Sulfide hydrique	0,60
Oxygène	0,52
	100,00

Comme tout le potassium que la poudre contient reste dans les produits solides de la combustion, la quantité de résidu solide obtenu par la combustion de 1 gramme de poudre peut être déduite des analyses A et B.

D'après l'analyse A, 1 gramme de poudre contient 0,3055 de potassium; la quantité de résidu dont la composition est donnée en B, qui contient cette quantité de potassium, s'élève à 0,60 grammes.

Calculant l'azote contenu dans 0,68006 grammes de résidu et le soustrayant de celui contenu dans 1 gramme de poudre, on obtient la quantité que contiennent les gaz produits par 1 gramme de poudre. Le volume du gaz qui, d'après l'analyse C, correspond à l'azote obtenu par le calcul, pèse 0,3138 grammes.

Ce volume est, à la température zéro, pour 1 gr. de poudre :

Gaz 0,3138	CO^2	0,2012	101,71
	N.	0,0998	79,40
	CO	0,0094	7,49
	H.	0,0002	2,34
	HS	0,0018	1,16
	O.	0,0014	1
		0,3138 gr.	193,10 cent. cub.

Température. La seconde partie du problème à résoudre consistait à déterminer la quantité de chaleur dégagée lors de la combustion de la poudre, ce qui a été obtenu en enflammant, au moyen d'un courant électrique, de la poudre placée dans une capacité close, maintenue au centre d'un calorimètre plein d'eau. On a ainsi trouvé que 1 gramme de poudre pouvait élever de 1 degré la température de $619^g,59$ d'eau. En mesurant la chaleur dégagée par la formation des mêmes gaz dans l'oxygène libre, à l'aide des chiffres déterminés par MM. Fabre et Silbermann, on trouve 1009,1. L'oxydation des constituants de la poudre par l'oxygène du nitre donne donc beaucoup moins de chaleur que leur combustion avec l'oxygène libre. Ce fait s'explique assez bien par la considération que l'azote qui entre en quantité considérable dans le nitre doit absorber une quantité considérable de chaleur dans sa transformation en corps gazeux. L'oxygène en absorbe de même une quantité notable. La somme du produit de la chaleur spécifique des gaz fournis, déterminée par Regnault (à volume constant) par leur poids, et du même produit pour les solides, est, pour 1 gramme, 0,18547. On devrait donc en conclure que la température de la flamme peut s'élever, lorsque toute la chaleur produite est employée à chauffer les produits de l'explosion, à :

$$\frac{619,5}{0,18547} = 3340^\circ \text{ C},$$

limite supérieure, parce que la chaleur spécifique des corps solides augmente avec la température, et que nous n'avons que celles déterminées à des températures peu élevées.

Pression. Cet intéressant résultat conduit à celui plus curieux encore de la limite de la pression que peut produire la poudre, sans changer de volume, que Rumford évaluait, d'après des expériences assez grossières, à 50,000 atmosphères. On obtient ainsi, pour une température de 3340 degrés et le volume $V = 193$ centimètres cubes, une pression de 4373 atmosphères.

Travail utile. D'après le principe de l'action égale et contraire à la réaction, les pressions exercées sur le boulet et sur la pièce sont égales; or, ces forces ont pour expression les masses multipliées par la vitesse dans $m\,v = m'\,v'$,

ou en prenant les poids $\frac{P}{g} v = \frac{P'}{g} v'$ ou

$$P : P' :: v' : v.$$

Les pressions étant égales, le travail produit est bien différent pour le boulet et pour l'affût.

Le travail dépensé par la poudre est donné par la somme des forces vives: $1/2 \frac{P}{g} v^2 + 1/2 \frac{P'}{g} v'^2$.

Dans une pièce de 24, on peut admettre $P' = 300\,P$ donc $v = 300\,v'$. Pour une charge de 4 kil., on a sensiblement $v = 300^m$; d'ou $1/2 \frac{P}{g} v'^2 = 152,925\ ^{km}$ et $r' = 1,67$, d'où $\frac{P}{g} v'^2 = 503\ ^{km}$ Rapport de 1 à 304.

On voit combien est faible le travail consommé

par le frottement de l'affût sur le sol pour une action aussi considérable; elle se trouve, par rapport à celui du boulet, encore sensiblement en raison inverse des masses.

FABRICATION. En France, la fabrication de la poudre est l'objet d'un monopole de la part du gouvernement. Nous allons décrire les diverses opérations auxquelles elle donne lieu dans les établissements de l'État. Ces opérations sont de deux natures: celles qui regardent les matières premières, telles que le salpêtre, le charbon et le soufre; et, celles qui concernent la fabrication proprement dite dans les poudreries.

MATIÈRES PREMIÈRES. — SALPÊTRE. Composé de 0,5345 d'acide nitrique et de 0,4635 potasse — densité 2,09 — fusion à 350° — décomposition à la chaleur rouge — solubilité dans 100 parties d'eau; à 0°,13, 32; à 13°, 25,49, à 30°, 45,90°; à 40°, 63,80; à 60°, 110,70; à 80°, 170,80 à 100°, 246,15 — cristallise ordinairement en prismes ou en aiguilles, profondément cannelées — saveur fraîche, salée et un peu amère — projeté sur des charbons rouges, il fuse et scintille vivement.

Il se trouve à la surface du sol dans l'Italie et dans quelques autres contrées méridionales. Le nitrate de soude qui se trouve en quantités si considérables au Chili et au Pérou fournit l'acide nitrique de la majeure partie du salpêtre employé aujourd'hui. Il se forme spontanément dans les lieux où les exhalaisons putrides des matières animales ou végétales sont en contact avec un air humide. On l'obtient dans les nitrières artificielles en disposant des amas de terre et de matériaux de démolition, mélangés de matières animales; les meilleures rendent annuellement 3k5,88 de salpêtre par mètre cube.

Extraction du salpêtre, des matériaux salpêtrés.—Nous croyons inutile de décrire ici le système qui a fourni de salpêtre les armées de la Révolution et du premier empire, les conditions de la production à cette époque ne pouvant se reproduire, les sources de production de salpêtre se multipliant chaque jour. (Voy. OSMOSE. *Complément.*)

Nous rappellerons seulement qu'il faut laver les plâtres avec le moins d'eau possible. On procède par la méthode de lavage dite par DÉPLACEMENT, que nous avons décrite en détail à ce mot, en prenant pour exemple le travail du salpêtre.

Raffinage du salpêtre. — Lavage. On opère sur 5,300 kil. de salpêtre brut contenant 0,06 de sels étrangers et 0,06 d'eau et de matières terreuses. On les lave avec 2,000 kil. d'eau saturée de salpêtre pur, provenant des opérations précédentes; à défaut de cette eau saturée, on se sert d'eau pure. On mêle avec soin, et après douze heures, on ramasse le salpêtre d'un côté du cristallisoir en faisant écouler par le côté opposé l'eau qui entraîne les sels étrangers, et qui est ensuite traitée comme les eaux de cuite. Après ce lavage, le salpêtre ne retient plus que 0,01 de sels étrangers avec de l'eau et des matières terreuses, et les 5,300 kil. sont réduits à 5,000.

Collage. Dans une chaudière de 4,000 litres environ et à une chaleur modérée, on fait dissoudre 4,600 kil. de salpêtre lavé dans 1,100 litres d'eau. On met d'abord 3,600 kil. de salpêtre avec 900 litres d'eau et le reste, successivement, en trois portions.

On a fait dissoudre 1 kil. de colle-forte dans 20 litres d'eau. Lorsque l'ébullition est près de commencer dans la chaudière, on y verse 15 litres de la dissolution de colle-forte étendue de 30 litres d'eau; on écume avec soin. Ensuite, on ajoute 100 litres d'eau afin de diminuer la densité du liquide et de permettre aux sels étrangers et aux matières terreuses de le traverser et de se déposer au fond ou de former des écumes; c'est ce qu'on appelle *faire un lavage*. On jette dans la chaudière les 400 kil. de salpêtre restant on fait un deuxième collage avec le reste de la dissolution de colle-forte étendue de 18 litres d'eau; on écume pendant une heure environ; on fait un deuxième lavage et, deux heures après, un troisième lavage; on continue à écumer et on laisse évaporer, en poussant le feu, jusqu'à ce qu'il ne reste plus dans la chaudière qu'une partie d'eau pour cinq de salpêtre. On laisse reposer pendant quelques heures en entretenant assez de chaleur pour qu'il n'y ait pas de cristallisation, et on décante dans le cristallisoir.

Cristallisation. On agite avec des rateaux pour empêcher la formation de gros cristaux; on retire les eaux surnageantes lorsque leur température est réduite à 40°, et on laisse égoutter pendant plusieurs heures.

Arrosage. En sortant du cristallisoir, le salpêtre ne contient plus que 1/500 de sels étrangers. On le met dans des caisses qui peuvent en contenir 2,200 kil. On verse sur chacune, avec des arrosoirs, 1,000 litres. d'eau en trois arrosages. On laisse séjourner pendant deux heures l'eau des deux premiers, avant de la faire écouler par des ouvertures pratiquées au fond des caisses; l'eau du dernier arrosage ne fait que traverser la masse du salpêtre.

Séchage. Après ces lavages, le salpêtre ne contient plus que 1/18,000 de chlorures. On le laisse égoutter pendant quelques jours et on le fait sécher dans des bassins de dessiccation légèrement échauffés, en le remuant continuellement.

Embarillage. Le salpêtre bien séché, parfaitement blanc et pulvérulent, est passé dans un tamis de toile métallique fine, et mis dans des barils et chapes qui servent ensuite pour la poudre.

Une chape de 100 kil. en contient 180 kil.; une de 50 — 100 kil.

Un baril de 100 kil. en contient 110 kil.; un de 50 — 60 kil.

Eaux d'arrosage. Elles sont conservées pour faire le premier lavage du salpêtre brut, ou bien réunies aux eaux surnageantes.

Eaux surnageantes. En sortant du cristallisoir, elles sont reçues dans des bassins où elles se refroidissent et déposent du salpêtre que l'on réunit à celui qui a subi le premier lavage dans une autre opération; on en fait ensuite des cuites qui fournissent du salpêtre brut.

Écumes. On appelle *grosses écumes* celles qui proviennent du raffinage. On en réunit 2,000 kil., que l'on met dans une chaudière avec 1,200 litres d'eau. On chauffe graduellement jusqu'à faire jeter quelques bouillons; on écume, on laisse déposer, on décante et on obtient du salpêtre brut qui cristallise par le refroidissement.

Sur le dépôt encore chaud, on verse 1,000 à 1,200 litres d'eau et on ajoute les *secondes écumes*, de manière à remplir la chaudière. Après avoir chauffé, écumé et laissé reposer, on décante, on réunit le liquide clair aux eaux surnageantes, et on rejette les dernières écumes et le dépôt sur les matériaux à lessiver.

Les 5,300 kil. de salpêtre brut fournissent ainsi: 3,600 kil, de salpêtre raffiné et séché, plus 100 kil. de salpêtre pur resté dans les écumes, 650 dans les eaux surnageantes, 450 dans les eaux d'arrosage, et que l'on retrouve dans les opérations suivantes; en tout 4,700 kil. de salpêtre pur.

Essai du salpêtre raffiné. Pour être employé dans la fabrication de la poudre, il faut que le salpêtre ne contienne pas plus de 1/3,000 de chlorures. Pour en faire l'essai, on en dissout 10 grammes dans le moins d'eau tiède possible; on y verse ensuite 1 gramme de dissolution de nitrate d'argent contenant 0,00968 grammes de ce sel, quantité nécessaire pour décomposer 10/3,000 de gr. de sel marin. On filtre et on divise

le liquide filtré en deux parties. Dans l'une, on ajoute quelques gouttes de la liqueur d'épreuve; si le mélange reste limpide, on est assuré que le salpêtre ne contient pas plus de 13,000 de chlorure de sodium. Dans l'autre partie on jette un peu de dissolution de sel marin; si elle se trouble, c'est que le salpêtre en contient moins. On pourrait connaître exactement la quantité de ce sel, en employant la liqueur d'épreuve par petites portions. A Paris, cette quantité n'est que 1/18,000 du salpêtre

Pour préparer une dissolution de nitrate d'argent au titre indiqué, on prend une quantité quelconque de ce sel exprimée en grammes, on divise ce nombre de grammes par 0,00968; le quotient est le nombre de grammes d'eau dans lequel il faut faire dissoudre le sel.

CHARBON. Les charbons de bois légers, tels que la bourdaine, les chènevottes, le tilleul, le fusain, le coudrier, le saule, le peuplier, etc., sont ceux qui conviennent le mieux pour la fabrication de la poudre, à cause de la facilité avec laquelle ils se prêtent à la trituration. On n'emploie pour les poudres de guerre que le charbon de bourdaine.

Tous les bois contiennent à peu près 0,52 de charbon avec de l'oxygène et de l'hydrogène dans la proportion qui constitue l'eau; par la distillation lente, on n'en obtient au plus que 0,40 de charbon.

Il faut, autant que possible, couper le bois dans la sève du printemps; choisir les branches de 0m,02 de diamètre; refendre celles qui sont plus grosses; les peler et rejeter l'écorce. Les menues branches sont mises à part pour faire le charbon destiné à la fabrication des poudres fines.

Dans les anciennes poudreries, on carbonisait dans des fosses. A mesure que le bois s'y affaisse par la combustion, on en jette dessus de nouveau, jusqu'à ce que la fosse soit remplie. Quant la flamme a gagné les dernières couches, on ferme hermétiquement la fosse avec un couvercle recouvert de terre damée. Au bout de quarante-huit heures, on retire le charbon et on sépare la braise et les fumerons ou *brûlots*. Dans les poudreries où sont établis les nouveaux procédés, et surtout pour la poudre de chasse, on distille le bois dans des cylindres en fonte de fer, montés dans un fourneau.

Sous l'influence de la chaleur, le bois perd son eau hygrométrique sans décomposition, si la température ne dépasse pas 150°; entre 150° et 260° il se décompose progressivement, de manière à donner un charbon imparfait appelé *brûlot*. Entre 270° et 330°, il se transforme en charbon *roux*, soluble encore en partie dans les alcalis caustiques; à 340° et au delà on obtient un charbon noir, insoluble dans ces réactifs. Le poids du charbon va constamment en diminuant avec l'accroissement de température à laquelle on le soumet; sa composition varie de même, comme l'indique le tableau suivant (Violette) pour le bois de bourdaine desséché à 150°, les brûlots obtenus à 260 et le charbon roux obtenu à 300°.

	CARBONISATION à une température de		
	150°	260°	300°
	—	—	—
Carbone	47,51	67,00	73,20
Hydrogène	6,12	5,00	4,25
Oxygène, azote et pertes	46,29	27,50	21,95
Cendres	0,08	0,50	0,60
	100,00	100,00	100,00

Les rendements sont:

En bois desséché	50 pour 100 du bois sec.		
En charbon roux	36	—	—
En charbon noir obtenu à 400°	30	—	—

Lorsqu'on chauffe progressivement du bois soumis à la carbonisation, il se produit un phénonème remarquable. Vers 270°, sous l'influence de la formation et du dégagement des carbures d'hydrogène, la température s'élève rapidement jusque vers 340° et une partie du charbon se transforme en charbon noir: on ne peut obtenir de charbons roux homogènes qu'en maintenant la température très proche de 470° sans dépasser ce point,

Les charbons roux sont employés pour les poudres de chasse, les charbons noirs pour les poudres de guerre et de mine.

SOUFRE. Densité, 2,033, fusion à 108°; prend une consistance pâteuse à 160° environ; se vaporise à 360°.

On le purifie par une distillation, à la suite de laquelle on le coule dans des barils, ou dans des moules où il prend la forme de *bâtons*, ou bien on le recueille à l'état de *fleur de soufre* (Voir SOUFRE).

DOSAGE DES POUDRES.

	Salp.	Charb.	Soufre.
Poudre de guerre	75	12,5	12,5
Poudre de chasse fabriquée aux pilons	78	12	10
Poudre de chasse d'Angoulême et du Bouchet (104 p.)	80	14	10
Poudre de chasse d'Esquerdes	76	14	10
Anc. poudre ronde d'Essonne	74	16	10
Poudre de mine	62	18	20
— de traite	62	20	18
Poudres anglaises de guerre pour le Gouvernement	75	15	10
Poudres anglaises de Dartfort	75	17	8
Poudres anglaises de Tumbridge	76	14,5	9,5
Poudres anglaises de Hounslow	78	14	8
Berne	76	14	10
Suède	75	16	9
Prusse	75	13	11
Hollande	70	16	14
Autriche	68	16,5	15,5
Chine	75,7	14,4	9,9

FABRICATION DANS LES POUDRERIES. Elle consiste essentiellement à exécuter d'une manière invariable les opérations suivantes: *trituration*, *mélange*, *humectation*, *compression*, *granulation*, *séchage*.

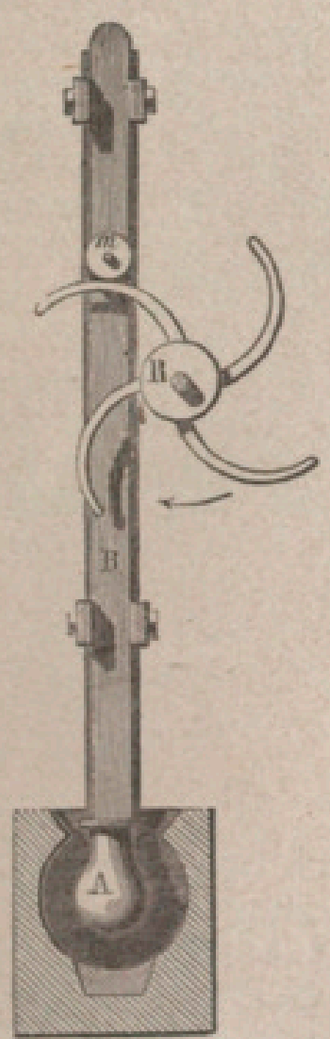


Fig. 1.

Pilons. Les quatre premières opérations sont exécutées à la fois par des pilons.

Un moulin renferme ordinairement 20 ou 24 mortiers et pilons formant deux batteries. Chaque pilon (fig. 1) pèse 40 kil., et tombe, de 0m,40 de hauteur, cinquante-cinq fois par minute; le bas du pilon est garni d'une *boîte à pilon* en bronze. Les mortiers se rapprochent de la forme sphérique et sont creusés dans une pièce de bois de chêne; leur fond est garni d'un tampon de bois dur, ils reçoivent chacun 10 kil. de composition.

La durée du battage est de onze heures. On met d'abord dans chaque mortier 1k,25 de charbon en morceaux avec un kil. d'eau. Après une demi-heure de battage à quarante coups par minute, on ajoute 7k,50 de salpêtre, tel qu'il sort des raffineries,

et 1k,25 de soufre, qui a été préalablement broyé au moyen de meules ou de tonnes de trituration et tamisé. On mélange bien les trois matières à la main, et pendant le premier quart d'heure on ne fait battre que quarante coups par minute. Après chaque heure de battage, on fait passer les matières d'un mortier dans un autre. Au sixième ou huitième *rechange*, on ajoute 0k,250 d'eau. On ne fait pas de rechange pendant les deux dernières heures, pour laisser la composition se lier et prendre du corps. En sortant des mortiers on la laisse essorer; ensuite elle est grenée.

Le procédé des pilons a été longtemps exclusivement employé pour la poudre de guerre. La poudre fabriquée par les autres procédés ayant causé une plus prompte destruction des bouches à feu, ces procédés ont été provisoirement interdits en France pour la poudre de guerre; ils ne servaient plus que pour les poudres de chasse.

Pilons et tonnes. Pour diminuer le temps et les dangers du battage, on peut triturer les matières et en faire le mélange dans des tonnes avant de les mettre sous les pilons.

Les tonnes à pulvériser et à mélanger (fig. 2) sont

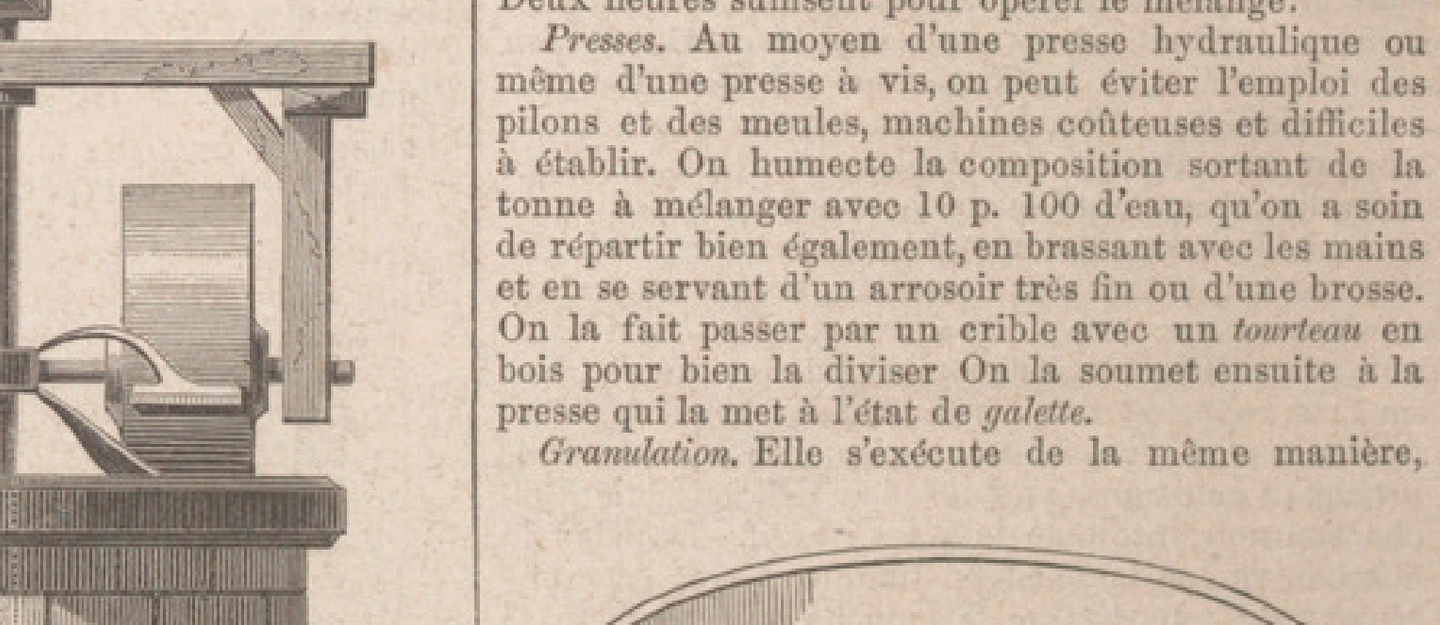


Fig. 2.

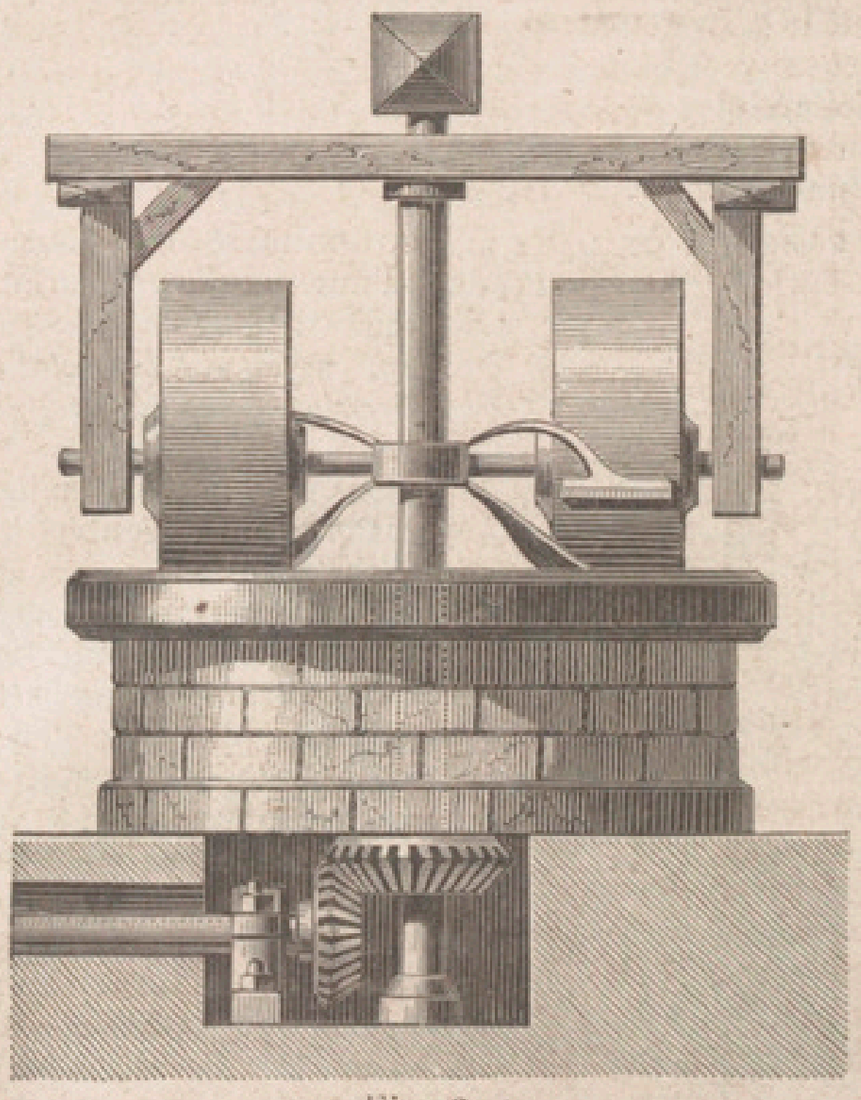


Fig. 3.

semblables. Elles ont 1m,14 de diamètre sur 0m,55 de longueur intérieures. Elles sont munies de liteaux arrondis, ayant intérieurement 0m14 de saillie et espacés entre eux de 0m,23. Les intervalles entre les liteaux sont remplis par du cuir fort, dont l'élasticité empêche la matière d'adhérer aux parois, inconvénient qui se produirait dans des tonnes en bois. Chaque tonne renferme 50 kil. de gobilles de 0m,005 à 0m,008 de diamètre, coulées avec un alliage de 75 parties de cuivre et 25 parties d'étain. On fait tourner avec une vitesse de vingt-cinq à trente tours par minute.

Dans la tonne à pulvériser on met pendant deux heures, 25 kil. de mélange binaire, charbon et soufre.

On met de même pendant deux heures 25 kil. de mélange ternaire dans la tonne à mélanger, en y faisant entrer le salpêtre dans l'état où il est fourni par les raffineries, ou simplement concassé. On porte ensuite le mélange sous les pilons, on l'arrose de 15 pour 100 d'eau et on le soumet à un battage de trois heures seulement.

Meules. Presque partout aujourd'hui les pilons sont remplacés par des meules (fig. 3) pesant 3,000 à 4,000 kil., en marbre ou en fonte, roulant sur une *piste* ou *auge* de même matière, ordinairement accouplées, liées à un arbre vertical, dont elles sont distantes de 0m,30 à 0m,40, et faisant dix révolutions par minute. On met sur l'auge 20 kil. de composition. Deux heures suffisent pour opérer le mélange.

Presses. Au moyen d'une presse hydraulique ou même d'une presse à vis, on peut éviter l'emploi des pilons et des meules, machines coûteuses et difficiles à établir. On humecte la composition sortant de la tonne à mélanger avec 10 p. 100 d'eau, qu'on a soin de répartir bien également, en brassant avec les mains et en se servant d'un arrosoir très fin ou d'une brosse. On la fait passer par un crible avec un *tourteau* en bois pour bien la diviser On la soumet ensuite à la presse qui la met à l'état de *galette*.

Granulation. Elle s'exécute de la même manière,

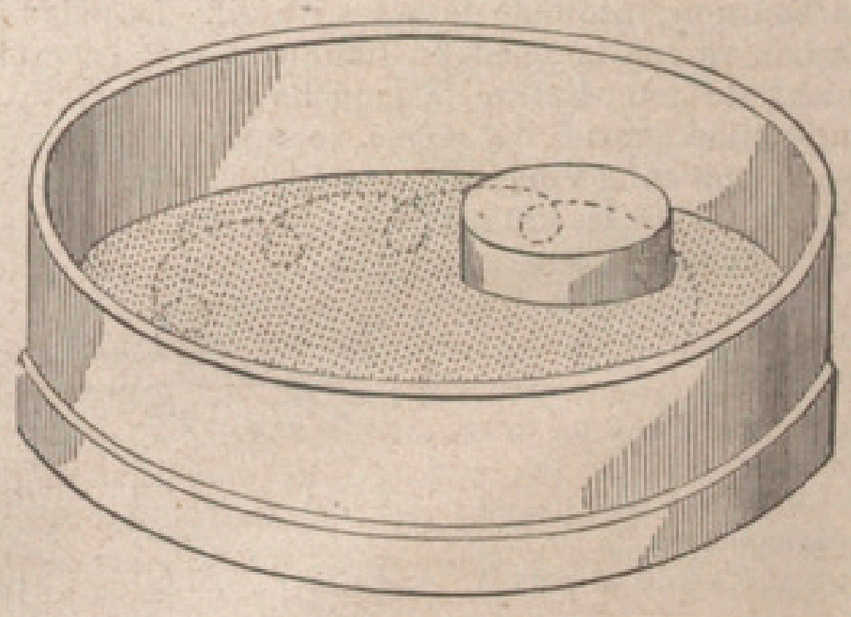


Fig. 4.

quel que soit le procédé employé pour former la *pâte* ou *galette* à grener.

On la laisse *essorer*, pour lui enlever l'humidité qui l'empêcherait de se briser. Elle est ensuite divisée sur un crible, qu'on appelle *Guillaume* (fig. 4) par l'ac-

POUDRE.

tion d'un tourteau ou disque de bois dur, pesant de 2 à 5 kil., de 0m,22 de diamètre, 0m,06 d'épaisseur au milieu et 0m,05 sur les bords. L'ouvrier donne au crible un mouvement tel que le tourteau parcoure sa circonférence en s'appuyant contre la *cerce*. La pâte brisée passe à travers la *perce* du crible, à mesure que la grosseur des fragments le permet.

La poudre divisée est ensuite passée sans tourteau au crible appelé *grenoir à canon* ou *grenoir à fusil*. Ce crible sert de *sur-égalisoir* pour égaliser les grains trop gros. Un troisième crible, appelé *sous-égalisoir*, sert à séparer les grains trop fins.

			En peau.	En toile métalliq.
			m.	m.
Diamètre des trous ou perce	du Guillaume		0,0080	0,0068
	du grenoir et du sur-égalsoir	pour canon	0,0025	0,0021
		pour fusil.	0.0014	0,0012
	du sous-égalisoir	pour canon	0,0014	0,0012
		pour fusil.	0,0006	0.0005

Séchage. S'opère par trois moyens : 1° à l'air libre. On choisit un temps convenable, on étend la poudre sur des toiles de coton tendues sur des tables, et on renouvelle fréquemment les surfaces ; il faut dix à douze heures d'exposition à l'air.

2° Dans une sécherie artificielle: un courant d'air échauffé traverse une couche de poudre de 0m10. Ce moyen exige peu de main-d'œuvre et n'occasionne pas de déchet. Une sécherie peut sécher jusqu'à 1,200 kil. de poudre par jour. A la poudrerie du Bouchet, il n'en coûte que 3 fr.75 c. pour la tourbe consommée; enfin 3° à l'aide du chauffage à la vapeur du séchoir.

Poussiers. Les grains trop fins et les poussiers sont remis au pilon, arrosés de 12 à 16 p. 100 d'eau et battus pendant trois heures.

Densité de la poudre. Après le séchage un litre de poudre de guerre pèse 840 à 850 grammes. On appelle *gravimètre* la mesure ayant exactement un décimètre cube, qui sert pour prendre le litre de poudre dont le poids donne la *densité gravimétrique* de la poudre.

Époussetage. Avant d'être embarillées, les poudres sont passées au blutoir, ou au tamis de crin ou de soie, pour être débarrassées du poussier.

Lissage. On ne lisse que les poudres de chasse et celles destinées au commerce. Cette opération s'exécute avant le séchage; elle peut être employée pour masquer le défaut d'une poudre molle et poreuse. On fait varier la charge du *lissoir* et le temps du lissage selon l'effet que l'on veut obtenir.

Le *lissoir* est une tonne garnie de quelques côtes peu saillantes, dans laquelle la poudre à lisser est mise seule et qui fait de quinze à vingt tours par minute.

Les poudres de chasse sont fabriquées par des procédés semblables à ceux qui sont employés pour les poudres de guerre. Aux pilons elles sont battues pendant quatorze heures.

FABRICATIONS EXPÉDITIVES. — *Poudres rondes*. On établit un baril de 50 kil. sur un arbre qui traverse les deux fonds; on le garnit intérieurement de liteaux. Pour boucher les joints, on applique à l'extérieur une toile avec de la colle-forte, et on remet les cercles par-dessus la toile. On met dans le baril 5 kil. de soufre concassé et 5 kil. de charbon, avec 30 kil. de gobilles, ou à leur défaut de plomb à giboyer de différentes grosseurs jusqu'au n° 4 (0m,0035 environ) pour le plus petit. On fait tourner à bras, ou autrement, avec une vitesse de trente tours par minute. On prend 5 kil. du mélange binaire, ainsi trituré, on y joint 15 kil. de salpêtre, et on triture pendant deux heures avec les gobilles. On arrose les 20 kil. de mélange avec 2 kil. d'eau, en pétrissant pour la répartir également. On passe au grenoir avec le tourteau.

Les grains ainsi obtenus n'ayant été soumis à aucune compression manquent de consistance. Pour leur en faire acquérir, on les met dans un baril n'ayant que 5 ou 6 liteaux de 0m,01 de saillie. On fait faire en commençant huit tours par minute, et on augmente progressivement jusqu'à vingt. La compression est d'autant plus forte qu'il y a plus de grains dans le baril, mais il n'en faut pas mettre au delà de la moitié de sa capacité. On continue à tourner jusqu'à ce qu'une petite mesure de 35 centimètres cubes puisse contenir contenir exactement 30 grammes de poudre. (C'est la densité ordinaire des poudres rondes.) On frappe sur les douves du baril pour empêcher la poudre de s'y attacher.

On égalise et on fait sécher comme à l'ordinaire. Les grains trop fins ou trop gros, après avoir été séchés sont remis dans le baril à triturer avec de nouvelle composition.

La poudre ainsi fabriquée est ronde ; la surface des grains est assez dure, mais l'intérieur reste mou, ce qui la rend peu propre à se conserver et peut occasionner des longs feux dans le fusil.

On évite ce défaut par le moyen suivant:

On mouille à 10 p. 100 d'eau les 2/3 des 20 kil. de poussier sortant du baril de trituration. On pétrit et on fait passer la pâte dans un crible fin, dont les ouvertures ont 0m,00085 de côté s'il est métallique, ou 0m,001 s'il est en peau. On met le tout sur un drap de lit auquel on imprime un mouvement de va-et-vient. Au bout de quelques minutes, les grains ayant pris un peu de corps, on projette de l'eau en gouttelettes très fines, avec une brosse ou un balai de crin. On jette ensuite par portions successives, et en continuant toujours le mouvement, le 1/3 du poussier qui est resté sec et qui s'attache aux petits grains par couches superposées On arrive ainsi à la grosseur de grains qui convient. L'eau projetée est à peu près le dixième du poids du poussier sec. L'opération dure de dix à quinze minutes.

L'égalisage donne les deux tiers des grains trop fins, qui sont traités de la même manière au moyen de poussier préparé d'avance. Ainsi chaque opération fournit le petit grain pour la suivante. On ne se sert du grenoir fin que pour commencer et pour réduire les grains trop gros, qui se forment en très petite quantité.

On donne la compression nécessaire pour le lissage, et enfin, on sépare les grains à canon et les grains à fusil.

Le même procédé peut s'appliquer ainsi qu'il suit à une fabrication permanente. Le drap est remplacé par une tonne de 1m,35 de diamètre sur 0m,62 de longueur montée sur un axe horizontal, faisant de cinq à six tours par minute; l'un des fonds ouvert suivant un cercle excentrique de 0m,60, pour qu'on puisse y jeter le poussier et y introduire la main sans arrêter le mouvement. L'eau d'arrosage y est portée par un tube parallèle à l'axe, percé d'un rang de trous capillaires, et recevant l'eau d'un réservoir élevé de 4 ou 5 mètres, ou sous une pression équivalente. Quand le grenage d'une charge est terminé, on la retire par une porte qui s'ouvre sur le pourtour de la tonne.

On charge la tonne de 100 kil. de petit grain, *noyau*, pour faire de la poudre à canon, et de 150 kil. pour faire de la poudre à fusil. Dans l'un et l'autre cas, on arrose avec 5 kil. d'eau et on jette 50 kil. de poussier. L'opération dure de quinze à vingt minutes. Si l'on voulait avoir du grain encore plus fin, il suffirait d'augmenter la quantité de noyau.

L'égalisage donne, avec la charge:

	Pour poudre à canon	Pour poudre à fusil
Grains à canon	32k	6k
— à fusil	18	44
Sur-égalisures qu'on passe au grenoir fin pour refaire du noyau. .	5	4
Sous-égalisures servant de noyau.	95	146

Si la tonne à grener était chargée de 100 kil. de poudre à fusil, l'addition de 5 kil. d'eau et de 50 kil. de poussier donnerait 150 kil. de poudre à canon.

On lisse dans une tonne pareille et ordinairement montée sur le même axe. On la charge de 150 à 200 kil. de poudre. On en prend de temps en temps un échantillon, pour reconnaître sa densité avec la mesure de 35 centimètres cubes ou avec le gravimètre.

La poudre ronde ainsi fabriquée ayant rendu plus rapide la destruction des bouches à feu, ce procédé a cessé d'être employé pour les poudres de guerre, malgré tous ses avantages, au moins jusqu'à ce que l'expérience ait fait reconnaître les modifications qu'il convient d'y apporter. On continue à l'employer, dans plusieurs poudreries, pour les poudres de mine.

Embarillage. La poudre fabriquée, il faut la mettre en barils. Cette opération ne laisse pas que d'être délicate, et demande de grandes précautions.

Les poudres de guerre sont mises dans des barils de la contenance de 50 à 100 kilogrammes qu'on renferme eux-mêmes dans des *chapes*.

Les douves ou douelles et les fonds ou enfonçures des barils et des chapes doivent être en chêne ou en châtaignier, refendu ou non scié. Ces bois, ainsi débités, s'appellent merrains; ils doivent être très sains et très durs.

Les cercles sont en chêne ou en châtaignier blanchâtre; le rouge doit être rejeté; on les dépouille de l'écorce.

Emmagasinage. Les dangers énormes qui environnent tout amas un peu considérable de poudre ont fait adopter certaines dispositions réglementaires toutes les fois qu'il s'agit d'en conserver.

Les bâtiments qui servent de magasin pour la poudre s'appellent poudrières (fig. 5). Leur toit est supporté par une voûte, et de plus ils ont encore une voûte sous leur sol; le plancher est en madriers de chêne et sans clous; l'air doit circuler sous le plancher. Les barils sont disposés sur six rangs, isolés les uns des autres et des murs latéraux. Les chantiers sur lesquels ils reposent sont en chêne bien sain, sans aubier, assemblés par deux espars de même bois, placés sur des dés cubiques correspondant autant que possible aux lambourdes du plancher.



Fig. 5.

On peut absorber une partie de l'humidité d'un magasin au moyen du chlorure de calcium, qu'on renouvelle de temps en temps, et que l'on place dans une caisse ouverte suspendue à la voûte. De la poudre jetée sur de la chaux vive, qui absorbe l'eau avec une grande activité, pourrait s'enflammer. Il faut de plus aérer le magasin quand le temps est sec et le ciel serein, et établir des moyens de ventilation; enfin, n'entrer qu'avec des sandales, et déposer au dehors tout ce qui serait susceptible de produire des étincelles.

Chaque poudrière est munie de paratonnerres, qu'on a trouvé avantageux de placer près du bâtiment; le mieux est de leur donner deux conducteurs, l'un du côté où se forment le plus fréquemment les orages, l'autre du côté opposé.

ÉPREUVES. Avant de se servir d'une poudre ou de la mettre en magasin, on doit l'éprouver. Pour cela il faut faire ouvrir au moins un baril sur vingt, en ayant soin d'en prendre un de chaque date de fabrication.

La poudre doit être d'un grain égal, ne s'écraser que difficilement sous la pression du doigt, et ne laisser aucune trace de poussier quand on la fait glisser sur la main.

On prend dans chacun des barils ouverts quatre échantillons de 92 grammes de poudre chacun, qu'on pèse avec soin, et qu'on renferme dans des gargousses étiquetées pour les transporter au champ d'épreuve.

On vérifie avec la plus grande exactitude le diamètre intérieur de l'éprouvette (qui est un petit mortier), celui de la lumière et celui du globe qui lui sert de projectile. Le diamètre de l'éprouvette doit être de $7^{po}.\ 0^{l},9$, et celui de la lumière de $1^{l},6.$; le diamètre du globe de $7^{po}.$, et son poids de $39^{k},30.$ On note toutes les altérations, même les plus légères.

On choisit pour la chute des globes un terrain qui ne soit ni pierreux ni trop dur. On dispose le mortier-éprouvette sur une plate-forme bien horizontale, établie sur un massif en maçonnerie, formée de lambourdes en chêne jointives de $0^{m},16$ sur $0^{m},10$ assemblées solidement par deux fortes traverses, et posées dans le sens de la ligne de tir.

On place une étoupille dans la lumière, on verse dans la chambre au moyen d'un entonnoir coudé, les 92 grammes d'un des échantillons sans refouler; on place le globe dans l'éprouvette au moyen de la poignée, qu'on remplace ensuite par le bouton vissé; et on met le feu.

On tire, pour chaque poudre, trois coups, dont on prend la portée moyenne. En commençant l'épreuve, on tire un coup, qui ne compte pas, pour *flamber* le mortier.

Dans les poudreries, le règlement exige une portée de 225 mètres au moins pour les poudres neuves, et de 210 pour les poudres radoubées.

Les éprouvettes ne tardant pas à se détériorer et donnant des portées de plus en plus faibles, on corrige les portées des poudres soumises à l'épreuve, au moyen d'une *poudre-type* choisie parmi les poudres de guerre (*grain à canon*), de fabrication courante, laquelle est conservée avec soin dans les bouteilles de verre ou des boîtes en fer-blanc bien desséchées et fermées hermétiquement. La portée actuelle de cette poudre, comparée à sa portée primitive dans la même éprouvette, fait connaître la perte due aux altérations de l'instrument et la correction à faire. La portée de la *poudre-type* se détermine par un tir de six coups, en prenant la moyenne des cinq derniers.

Lorsque les portées de la poudre-type sont descendues à 200 mètres, il est nécessaire de renou-

veler le mortier-éprouvette ou seulement le globe.

Dans le service, une poudre neuve n'est rejetée que lorsque sa portée, après la correction faite, reste au-dessous de 210 mètres.

L'on a soin de constater le nom de la poudrerie et l'année de fabrication. — La nature de la poudre : à canon, de mousqueterie, de mine, de traite, dure, friable, ronde, anguleuse, bien ou mal époussetée. — La densité déterminée au gravimètre. — La portée de chaque coup et la portée moyenne. — Les altérations de l'éprouvette et de son globe. — L'état hygrométrique de l'air, la direction du vent relativement à la ligne de tir, la hauteur du baromètre et du thermomètre au moment de l'épreuve.

Fusil-pendule. Le mortier-éprouvette et les autres systèmes anciens sont insuffisants pour essayer les poudres qui, devant être employées dans des armes longues, agissent autrement que dans les armes courtes, dans lesquelles le projectile est soumis bien moins longtemps à la détente des gaz produits par l'inflammation de la poudre. Aussi doit-on considérer comme un véritable progrès, l'adoption du fusil-pendule pour les essais de la poudre qui doit être employée dans les armes longues, l'appareil d'essai devant être semblable à l'arme dans laquelle la poudre doit être employée.

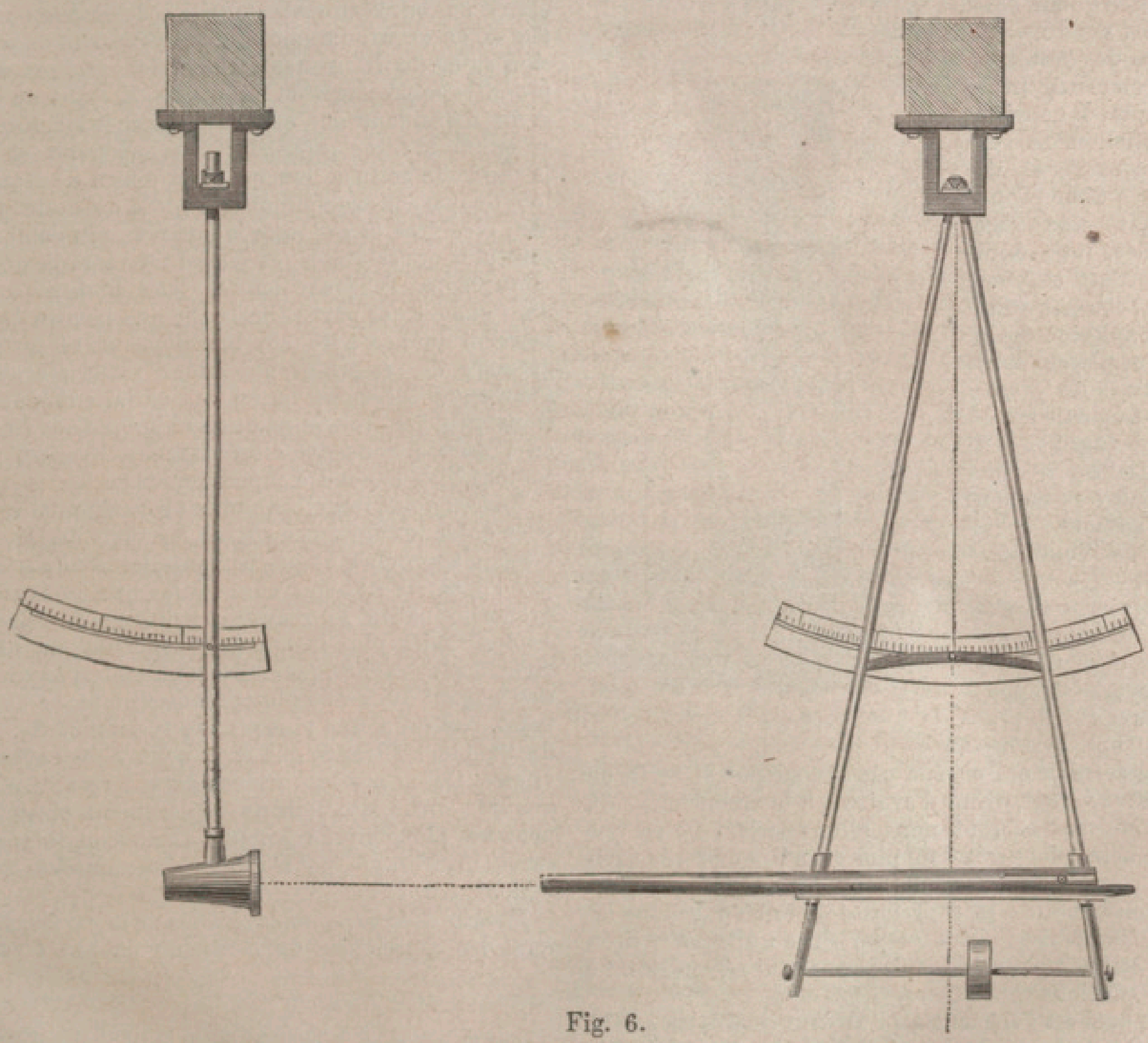


Fig. 6.

Le fusil-pendule (fig. 6) se compose de deux parties : le fusil-pendule proprement dit, et le récepteur ou pendule balistique. Le fusil-pendule consiste en un canon de fusil d'infanterie maintenu au bas d'un châssis en fer, qui est terminé, à sa partie supérieure par deux tourillons en couteaux, formant un axe horizontal. Les tourillons portent sur des sièges en acier fondu, de sorte que le système forme un pendule oscillant avec facilité. Au-dessous du pendule, se trouve un axe sur lequel se meut une masse de plomb, que l'on peut faire glisser sur la tringle horizontale, qui peut être fixée elle-même à différentes hauteurs. On place cette masse dans une position telle, que le centre d'oscillation du pendule composé se trouve sur l'axe du fusil, et sur la verticale qui passe par le centre de gravité. Le châssis porte une tige qui pousse un curseur mobile sur un arc de cercle divisé. Ce curseur marque ainsi le recul du pendule. Le pendule balistique se compose : d'une boîte conique en bronze suspendue à l'extrémité d'un châssis en fer, qui est terminé lui-même, à sa partie supérieure, par un axe horizontal composé de deux tourillons en couteaux. Ce système forme donc un second pendule; les axes de suspension de ces pendules doivent être rigoureusement parallèles. La boîte reçoit une masse de plomb dans laquelle la balle s'enfonce. La barre qui la supporte porte aussi un appendice qui se meut sur un arc divisé, et pousse un curseur glissant à frottement sur l'arc.

Des formules mathématiques permettent de calculer la vitesse initiale de la balle; en partant des indications de l'un des curseurs. Voici la formule générale déduite des expériences de Metz, en partant de l'angle décrit par le pendule qui reçoit la balle

$$v' = \frac{2 \sin \frac{1}{3} A' \frac{p' g' \sqrt{G\, o'}}{i'} - c\, N}{b' \frac{D^2}{d^2} + \frac{c'}{2}}$$

Dans cette formule, v' est la vitesse cherchée de la balle; p' le poids du pendule; g' la distance du centre de gravité
o' la distance du centre d'oscillation } à l'axe de suspension;
i' la distance de l'axe du fusil }

A' l'angle d'écartement du pendule; b' le poids de la balle et de la bourre; D le diamètre intérieur du canon du fusil, d le diamètre de la balle; c le poids de la charge de poudre; c' le poids de la cartouche en comprenant celui de l'enveloppe; G l'action de la gravité; N un facteur constant déterminé par l'expérience.

Le fusil du calibre de munition, soit 13mm,3, reçoit une charge de poudre de 10 grammes. La vitesse initiale de la balle doit être pour la poudre de guerre, de 450 mètres par seconde. Pour l'essai des poudres de chasse, on ne met que 5 grammes de poudre, qui doivent donner les vitesses initiales suivantes : pour la poudre fine, 330 mètres; superfine, 350 mètres; supérieure, 375 mètres.

On a aussi disposé un *canon-pendule*, analogue au fusil-pendule pour essayer les poudres à canon.

Éprouvette Melsens. — M. Melsens a proposé un appareil d'une grande simplicité pour l'essai des poudres, qui donne des résultats extrêmement intéressants. Il consiste essentiellement en un aéromètre de forte dimension, portant une tige graduée, et dont le flotteur enfonce dans l'eau par suite de l'explosion de la poudre placée dans une capacité disposée à sa partie supérieure (fig. 7). En enduisant la tige de poudre rouge, on juge aisément la limite de l'enfoncement.

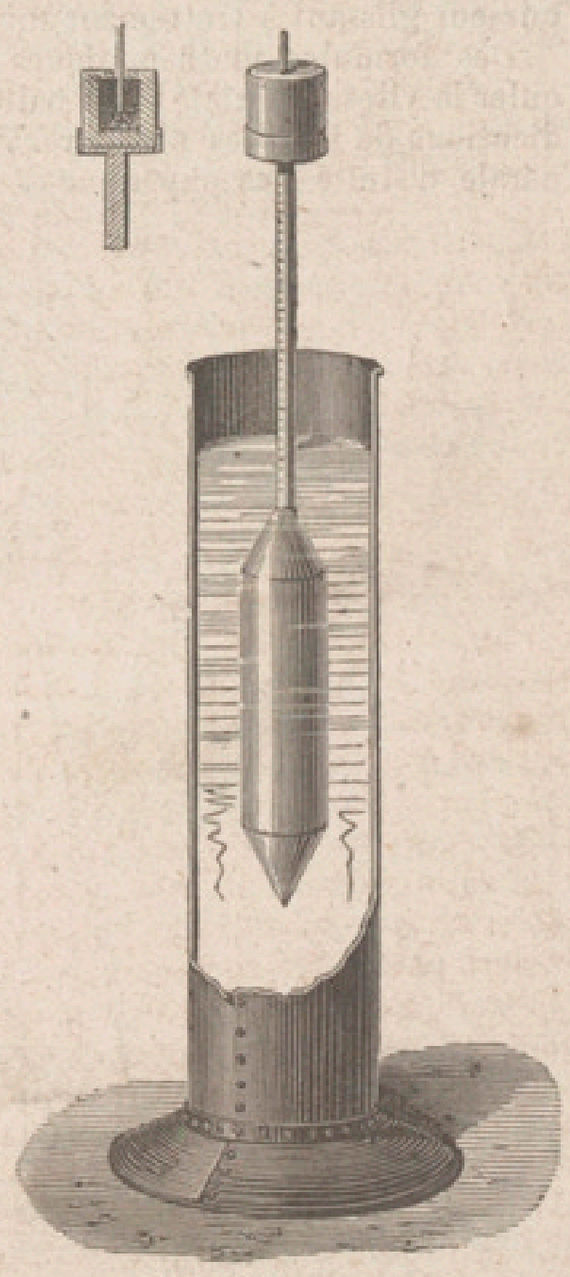


Fig. 7.

Régnier, qui s'était beaucoup occupé des moyens d'essayer les poudres, avait déjà proposé un système analogue, mais qui n'avait pas été adopté; il était, en effet sans valeur, avant d'avoir reçu le complément dû à M. Melsens et dont nous allons parler. De ce que l'aréomètre plongeait d'un plus grand nombre de divisions pour une poudre que pour une autre, on ne pouvait en conclure la supériorité de l'une que dans les *conditions de l'expérience*, et par suite nullement, si on avait à les employer dans des armes qui répondissent à des conditions tout autres.

Or, quel est l'élément capital d'un semblable essai? Évidemment, et par-dessus tout : la dimension de l'orifice qui donnera issue aux gaz qui se produiront dans la capacité où se place la petite quantité de poudre à essayer, car c'est de sa grandeur surtout que dépendent la pression que fait naître l'explosion et la réaction qui produit l'enfoncement. Si donc, comme l'a imaginé M. Melsens, on répète la même expérience en variant les orifices des petits *mortiers* dans lesquels il met successivement une petite quantité de poudre, la connaissance que l'on acquerra de sa nature deviendra bien autrement complète que dans le premier cas; ce ne sera plus un nombre unique qui servira à la définir, un nombre qui, en réalité, ne sera applicable qu'à un cas donné, mais une série de nombres variant souvent de 20 à 350[1], ayant un rapport intime avec les pressions qu'une poudre peut faire naître dans diverses circonstances, ou mieux une courbe comprenant tous ces résultats et qui sera obtenue en prenant des abscisses proportionnelles aux orifices décroissants des mortiers et des ordonnées proportionnelles aux enfoncements.

Pour bien comprendre comment on peut trouver, dans cette manière d'opérer, un moyen d'essai satisfaisant des poudres, en variant les formes et les capacités des mortiers aussi bien que les grandeurs des orifices, comment on peut arriver à tenir compte des divers modes d'emploi de la poudre, dans les armes longues ou courtes, pour des projectiles lourds ou légers, forcés ou libres, il importe de distinguer la vitesse d'inflammation et la vitesse de combustion.

Une poudre produira évidemment dans l'appareil Melsens un effet indiqué par un nombre de divisions d'autant plus grand : 1° en chaque instant, que la vitesse d'inflammation sera plus grande, car la pression p croîtra avec cette vitesse, et la réaction du gaz étant en outre proportionnelle à l'étendue de l'orifice ω, on aura, en admettant la régularité de la pression et de la résistance égale à la réaction, comme première approximation au moins, K étant un coefficient dépendant des éléments négligés ici, $K\omega p$ pour valeur de la force qui produit l'enfoncement; et 2° que la durée de cette action, qui se produira d'autant plus longtemps, par exemple, que le grain de cette poudre sera plus gros, et par suite la durée t de la combustion sera plus considérable, et $K\omega pt = e$ sera la quantité mesurée par l'enfoncement e. Cette quantité variera, dans chaque cas particulier, pour une poudre de composition donnée, avec son état physique et surtout la grosseur de ses grains, qui feront varier p et t; et la courbe qui indiquera la loi des variations des pressions qu'engendrera la réaction chimique des éléments en présence, dans des circonstances diverses, représentent bien la poudre expérimentée.

Remarquons, toutefois, que la proportionnalité cherchée entre les enfoncements et les effets de la poudre n'est qu'approchée, et que, par suite, les résultats fournis par l'appareil ne sont admissibles que lorsque cette proportionnalité se réalise sensiblement. Ainsi, les explosions les plus instantanées sont indiquées relativement plus faibles que celles plus lentes, le plongeur s'enfonçant avec une plus grande vitesse et rencontrant, par suite, une plus grande résistance de la part du liquide, résistance qui croît comme le carré de la vitesse. De même les orifices très larges, pour des poudres lentes, donnent un déplacement presque nul pour un plongeur de grande dimension, la réaction étant insuffisante pour lui imprimer une vitesse notable.

Chaleur dégagée par la combustion de la poudre. Reprenant les expériences de Bunsen, pour une explosion

---

1. Je donnerai ici, comme exemple, le résultat des tirs faits par M. Melsens, à Saint-Thomas-d'Aquin, devant les membres de la Société d'encouragement.

	Mortier 77. Lumière 1 (9mm)	Mortier 4. Lum. 4 (4mm,5)	Mortier 1. Lum. 6 (2mm,6)
Poudre de chasse.....	340mm	416mm	342mm
Poudre à canon dite *vive*.	127	998	347
Poudre à canon dite *lente*.	49	408	333
Poudre de mine.....	34	315	300

normale, MM. Roux et Sarrau ont trouvé les nombres suivants :

	Calories dégagées par 1 kil. de poudre	Poids des gaz par 1 kil. de poudre
Poudre de chasse fine. .	807,3	0,337
— de guerre à canon	752,9	0,412
— à chassepot, dite B	730,8	0,414
— de commerce extérieur	694,2	0,446
Poudre de mine ordinaire.	570,2	0,499

Ces résultats ont été obtenus en faisant déflagrer des charges de 8 grammes de poudre dans des vases en fonte de 6 millimètres d'épaisseur, de dimensions telles que les produits de la combustion occupaient un volume de 275 centimètres cubes.

Les auteurs ont vérifié qu'en faisant effectuer, dans l'intérieur de la bombe, un certain travail mécanique à la poudre, la quantité de chaleur dégagée est notablement diminuée.

Ils ont remarqué que, pour les diverses poudres à base de salpêtre examinées par eux, le produit de la quantité de chaleur dégagée par le poids des gaz formés est sensiblement constant. La force explosive des poudres déterminée par la rupture de bombes d'épreuve, qui éclataient toujours sous une charge comprise entre 15 et 17 grammes, est aussi sensiblement la même. Il est à supposer que le poids spécifique des gaz formés avec ces diverses poudres est peu différent; le produit des nombres déterminés par Roux et Sarrau correspondrait alors au produit signalé par Berthelot comme caractéristique de la force des matières explosives. (Voy. PYROXILES.) Dans un travail récent, Roux et Sarrau ont pu déduire le volume qu'occuperait à 0° et sous la pression de 0m,760 de mercure les gaz de la poudre, de la détermination de la pression des gaz refroidis jusqu'à la température ordinaire. Cette pression était mesurée au moyen d'un manomètre différentiel fonctionnant sous volume constant. Ils ont obtenu les nombres suivants :

	Température absolue	Volume en litres à 0°	Pression développée en atmosphères	Travail maximum en tonneaux-mètres
	T	V_o	$\frac{V_0 T}{273}$	E c T
Poudre de chasse fine.	4,654	234	3,989	373
Poudre à canon.	4,360	226	4,168	349
— à chassepot	4,231	280	4,339	339
Poudre de commerce extérieur	4,042	281	4,160	324
Poudre de mine ordinaire. . . .	3,372	307	3,792	270

La température absolue T (c'est-à-dire rapportée au zéro absolu situé à — 273 degrés de l'échelle thermométrique) est égale à $273 + 17 + \frac{Q}{c}$, 17 degrés étant la température au moment de l'expérience, Q le nombre des calories dégagé par la combustion de la poudre, indiquée dans le tableau précédent, $c = 0{,}185$ (Bunsen et Schischkof), la chaleur spécifique moyenne à volume constant des produits de la combustion. V_o est le volume des gaz à 0 degré, déduit de l'observation de la pression au moyen des lois de Mariotte et de Gay-Lussac; $\frac{V_o T}{273}$ représente d'après les mêmes lois la pression en atmosphères des gaz permanents, 1 kilogramme de poudre occupant un volume de 1 litre. E c T (E équivalent mécanique de la chaleur) est le travail maximum produit par la détente indéfinie des gaz de 1 kilogramme de poudre, tous les produits, permanents ou non, conservant la même température à chaque instant de la détente.

Les auteurs obtiennent pour le travail qui peut être engendré par 1 kilogramme de poudre le nombre de 67140 kilogrammètres.

Analyse de la poudre. Nous terminerons cet article par l'analyse de la poudre, ou les moyens, étant donnée une poudre quelconque, de déterminer les doses de ses éléments constitutifs.

Pour déterminer le poids du salpêtre : on dissout toute la partie soluble dans l'eau chaude.

Pour rechercher le soufre directement, on broie et on mélange dans un mortier 5 grammes de poudre bien desséchée, 5 de sous-carbonate de potasse, 5 de nitre, 20 de chlorure de sodium.

On expose ce mélange dans une capsule de platine ou de verre, sur des charbons ardents; la combinaison des matières étant terminée, et la masse étant blanche, on dissout cette masse dans l'eau distillée et on sature cette dissolution d'acide nitrique.

On sépare ensuite complètement l'acide sulfurique du sulfate qui s'est formé par une dissolution titrée de chlorure de barium.

Pour vérifier l'exactitude des résultats obtenus, on compose une poudre avec le dosage que l'analyse a indiqué; on analyse cette poudre par les mêmes moyens; les nouveaux résultats indiquent les corrections qu'il peut être nécessaire de faire dans les premiers dosages.

POUDRETTE. Voyez ENGRAIS.

POULIES (*angl.* blocks, *all.* kloben). Les poulies sont l'objet d'une fabrication importante vu leur fréquent emploi pour les navires.

FABRICATION MÉCANIQUE. Nous croyons qu'il sera intéressant de décrire ici la fabrication mécanique, inventée par notre compatriote Brunel, des poulies en bois à l'usage de la marine, telle qu'elle est montée, à Porsmouth, en Angleterre.

La première opération, qui consiste à débiter les bois en blocs de dimensions convenables, se fait tantôt avec une scie droite, tantôt avec une scie circulaire. La scie droite est animée d'un mouvement horizontal de va-et-vient ; elle coupe en travers fil le bois placé au-dessous sur un axe horizontal; elle n'agit que par son poids, et est guidée au commencement du sciage par une glissière qui embrasse le dos de la lame. La scie circulaire diffère des scies ordinaires, en ce que, tandis que ces dernières ne changent pas de place et que la pièce de bois est continuellement pressée contre leurs dents, celle employée par Brunel peut recevoir toutes sortes de positions dans son plan et la pièce de bois est fixe. On achève de donner aux blocs de bois une forme parallélipédique avec une scie circulaire ordinaire (voyez pour la description de ces scies mécaniques l'article SCIERIE).

Les blocs de bois ainsi débités sont portés à la *machine à percer*, qui y perce les trous des axes des galets, ainsi que ceux nécessaires pour pouvoir ultérieurement pratiquer les mortaises où se logeront les galets, comme l'indiquent les fig. 2197, 2198 et 2199, qui représentent diverses formes de poulies employées dans la marine. Cette machine est représentée en perspective fig. 2200 : le bloc de bois est fixé sur la table de la machine au moyen d'une vis de pression verticale B, qui passe dans un écrou en fonte à trois pieds A; on le maintient encore par une équerre X (fig. 2201), fixée sur le bâti au moyen d'un boulon à écrou x, et avec trois vis de pression horizontales traversant les deux montants de derrière du bâti en fonte A. L'un des forets D perce un trou pour l'axe

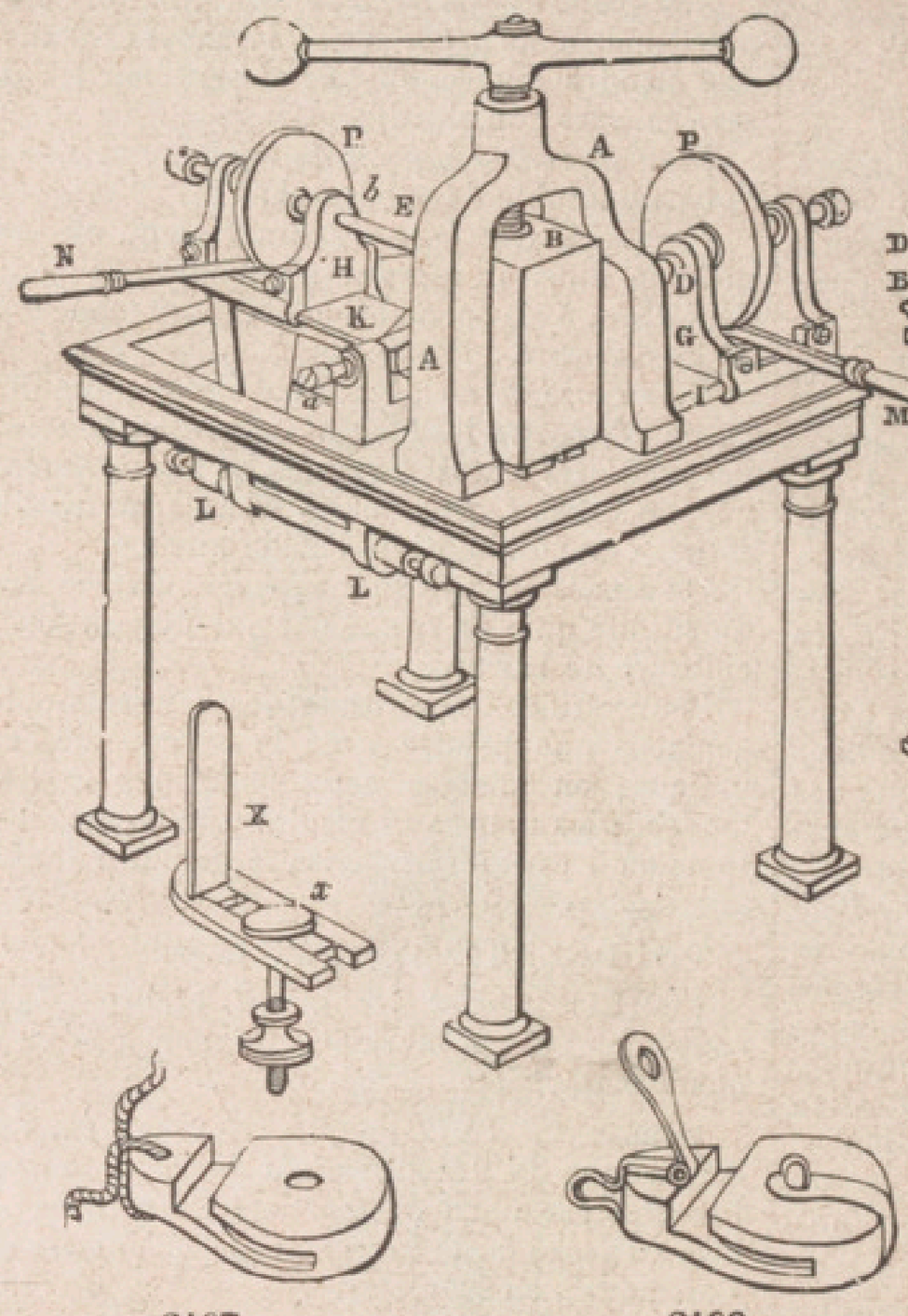
POULIES.

des galets; l'autre, E, placé à angle droit du premier, fait les trous qui doivent limiter les mortaises où se placeront les galets; le foret D est mû par une courroie passée sur la poulie P, et porté sur un châssis G, mobile le long de la glissière I. On le fait avancer ou reculer en agissant sur la fourchette M. Le foret E est

fixer les poulies dans diverses positions en les faisant tourner sur leurs axes, et d'arrondir successivement tous leurs angles sans les démonter.

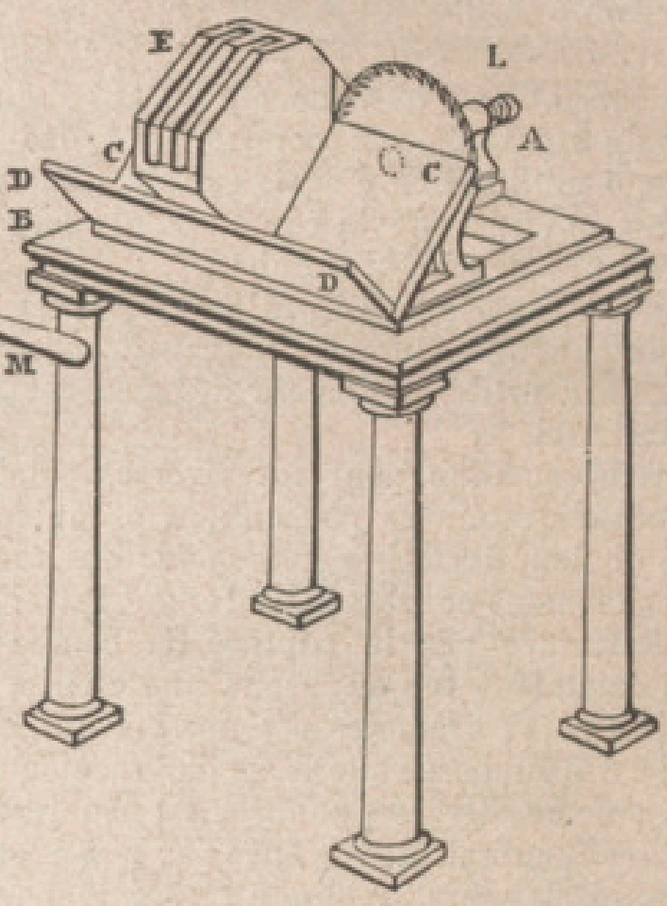
Il s'agit ensuite de pratiquer sur les deux faces latérales des moules les rainures qui doivent recevoir les liens ou frettes des poulies, comme l'indiquent les

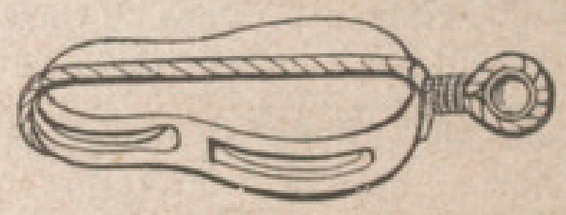
2200.



2201.

2202.





2197. 2198. 2199.

également porté sur un châssis H, mobile le long de la glissière K, et que l'on fait avancer ou reculer au moyen de la fourchette N; mais tandis que la glissière I est invariablement fixée au bâti de la machine, la glissière K est montée sur un second châssis, qu'on peut fixer dans diverses positions au moyen des vis L et *a*.

Cette opération terminée, on place les poulies parallèlement les unes sur les autres dans un châssis mobile sur des glissières, qui fait partie d'une machine à mortaiser portant des ciseaux, en nombre égal à celui des poulies, qui se meuvent rapidement (voir cette machine article POULIES du *Complément*), et exécutent l'opération de mortaiser sur la moitié de la profondeur; on retourne alors les poulies, et on achève les mortaises par l'autre face.

On abat ensuite les angles des poulies à l'aide d'une scie circulaire, comme le représente la fig. 2202; la scie est portée sur un châssis mobile, analogue aux porte-forets G et H, fig. 2200, ce qui permet de la presser contre les poulies. Les angles ainsi abattus, on les arrondit en plaçant excentriquement un certain nombre de poulies sur la circonférence d'une espèce de grand tour, représenté fig. 3703 du *Complément*, qui reçoit dix poulies serrées au moyen d'un système de doubles engrenages coniques, en nombre égal à celui des poulies et mus par une même roue d'engrenage montée sur l'axe du tour, susceptible de recevoir à la main un mouvement indépendant. Il permet de

fig. 2198 et 2199. Ces rainures se creusent au moyen d'une sorte de machine à mortaiser, représentée en perspective fig. 2203. On place à la fois deux poulies A, B, sur la pièce D, de manière à ce qu'elles viennent buter chacune contre deux piliers *a*, *a*, et on les fixe au moyen de crampons à charnière *d*, *d*, que l'on serre à l'aide des vis de pression *b*, *b*; on pose la pièce D sur la table R, en interposant entre elles deux ressorts *r*, dont un seul est figuré, et on les rend dépendantes l'une de l'autre en serrant un boulon à écrou central qui les traverse l'une et l'autre; tout cet ensemble est mobile autour d'un axe horizontal *l*, et est équilibré par un contre-poids M; on le fait tourner en agissant sur le levier L. Les outils se composent de deux rabots circulaires ou *fraises* E, E, dont le corps est en laiton, et qui portent deux échancrures dans lesquelles sont enchâssés les ciseaux en acier; leur arbre F, qui reçoit son mouvement par une courroie sans fin, est porté sur un châssis mobile autour de l'axe de rotation *e*, et que l'on soulève à volonté à l'aide du levier *f*; les trois axes *l*, E et *e* sont parallèles. Les fraises étant animées d'un mouvement de rotation très-rapide, on creusera les rainures en levant et baissant le levier L, de manière à ce que l'outil puisse mordre successivement sur toute la longueur de la poulie; une came *g*, fixée sur la pièce D et entraînée avec elle, limite la descente d'un rouleau H placé sur l'axe de fraises, et, suivant la forme de sa courbure, règle la profondeur variable des rainures sur toute la longueur des poulies

POULIES.

Les rouets des poulies sont d'abord débités à la scie mécanique, agissant à travers fil, en rondelles d'épaisseur convenable. Ces rondelles *e* sont ensuite fixées

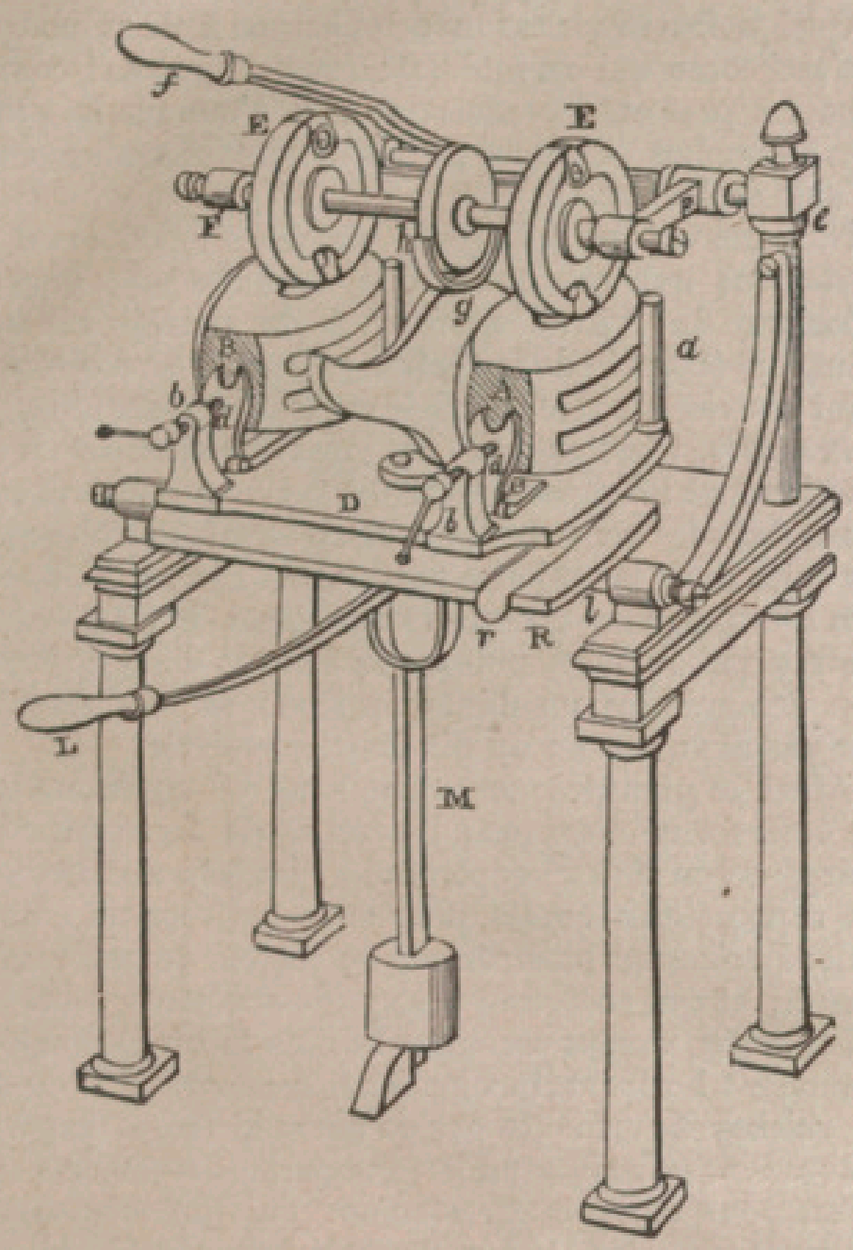


Fig. 2203.

d'une manière invariable sur un tour représenté figure 2204, en les faisant buter d'une part contre un

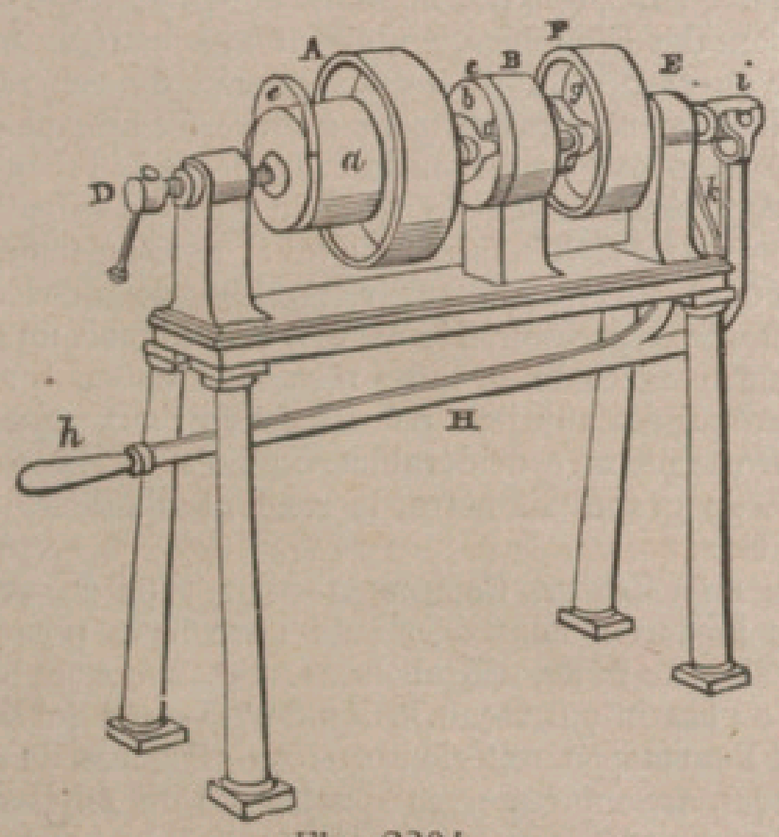


Fig. 2204.

axe creux *b*, sur lequel est soudé un disque *c*, qui sert à le fixer contre la poupée B, et en les serrant par l'autre extrémité au moyen d'une vis de pression D. Sur le tube fixe *b* se trouve montée une poulie en bois A, qui reçoit extérieurement une courroie sans fin, et porte une scie en couronne *a*, d'une hauteur au moins égale à l'épaisseur que doivent avoir les galets *e*, et qui les rend cylindriques. Dans le tube *b*, passe à frottement doux une tige cylindrique qui porte un foret, traversant les poupées B et E et venant se terminer en *i*; sur cette tige est fixé le manchon F, qui reçoit une courroie sans fin. Lorsque l'on met en mouvement les deux courroies sans fin, en appuyant sur le manche *h* des leviers *h* H *i*, on fait avancer de droite à gauche le porte-foret, et en même temps la scie cylindrique *a*, de sorte que l'on tourne le rouet en même temps qu'on le perce suivant son axe.

POULIE DIFFÉRENTIELLE DE WESTON. — Cet ingénieux appareil, employé dans beaucoup de chantiers en Angleterre, permet à un homme de manier des poids très-considérables (fig. 2205).

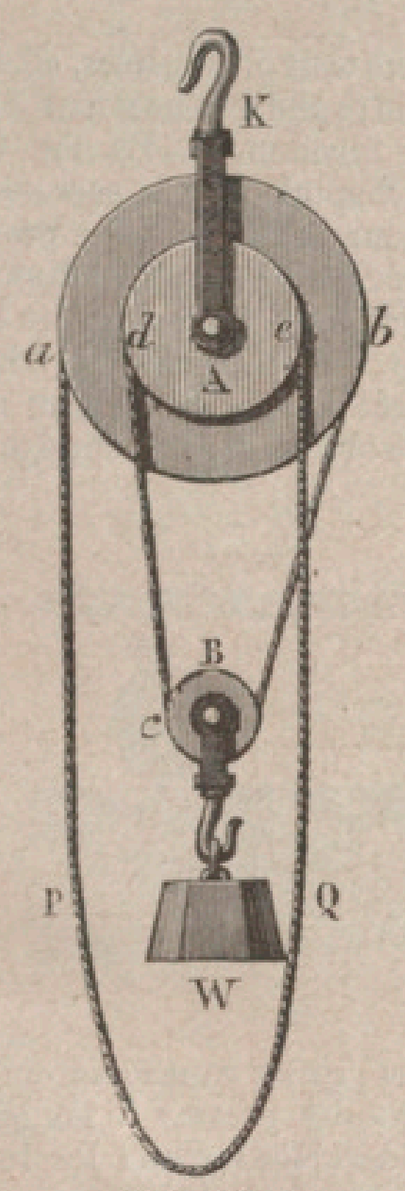


Fig. 2205.

Cette poulie est double et les gorges des deux poulies ont des circonférences dont les rayons sont A $a = R$ et A $b = r$ sont peu différents. Le pivot de l'axe de cette poulie lui est adhérent et le tout est supporté par une ferrure à crochet AK qui embrasse la poulie et reçoit l'axe dans deux trous formant crapaudine. Soit ρ le rayon du pivot. Le fardeau est suspendu à une poulie mobile B.

Une corde sans fin ou une chaîne réunit les poulies supérieures à la poulie inférieure en suivant les directions ci-après. Partant de *a*, elle entoure la plus grande poulie jusqu'en *b*, puis descend en *c* sur la petite poulie B, puis remonte en *d* sur la plus petite poulie supérieure, l'entoure jusqu'en *e*, et de là descend en formant un double brin libre PQ.

Le poids W est soutenu par les deux parties *cb*, *cd* de la corde sans fin, et c'est le frottement du pivot A qui est la principale résistance pour l'empêcher de descendre.

La traction exercée sur P par la main de l'ouvrier fait tourner la grande poulie et élève les poids en raison de l'action du brin *bc*, tandis qu'il descend en raison de *dc*. Mais comme il est élevé par l'enroulement sur la plus grande poulie et qu'il descend en raison du déroulement sur la plus petite (pour un même angle de rotation), il est en réalité soulevé de la différence de ces mouvements.

R, *r*, ρ étant les rayons respectifs de la grande poulie, de la petite et du pivot et f le coefficient de frottement de l'axe, le moment de frottement est $W f \rho$, et le travail du poids, l'angle décrit multiplié par $\frac{W(R-r)}{2}$.

Si $\frac{R-r}{\rho}$ est égal ou plus petit que f, le poids reste soulevé, quelle que soit sa grandeur; mais s'il est plus grand, le poids redescend.

Le grand avantage de cette machine est qu'étant solidement établie, un fardeau considérable peut être élevé et soutenu à toute hauteur quand cesse la puissance élévatoire, en appliquant les mains au brin P, et de même être descendu en tirant sur le brin Q.

Suivant Willis, cette poulie aurait été inventée en 1830 par M. Moore de Bristol, mécanicien amateur; son principe est identique avec celui du treuil différentiel des Chinois, mais il n'a pas comme cette machine l'inconvénient d'exiger une grande longueur de corde. Elle a été l'objet d'une patente prise par M. Weston en 1859.

Les cordes ne conviennent pas très-bien à cause de leur facile glissement dans les gorges des poulies; aussi dans la construction de Weston on emploie des chaînes agissant sur des saillies ou des cavités pratiquées dans les gorges des poulies.

PRESSE-PRESSOIR. — La compression est un des procédés généraux de fabrication, et c'est sur ses effets que reposent les propriétés de beaucoup d'outils et appareils : les marteaux, les laminoirs, les moulins, etc., comme il a été dit à l'article MÉCANIQUE. Nous ne voulons parler ici avec plus de détails que des presses et pressoirs, qui parmi nombre d'emplois servent à séparer les liquides des solides.

1° *Presse à levier.* Ces presses ne sont plus usitées, elles occupent beaucoup de place et le grand déplacement de l'extrémité du levier est fort incommode. La fig. 1 montre la presse employée par Chaptal, dans la sucrerie des betteraves, établie par lui pour étudier et faire progresser une industrie dont il prévoyait l'avenir. p étant la longueur du levier, P le poids ou l'effort agissant à son extrémité, R la résistance à la compression, r la distance à laquelle elle s'exerce sur le levier, on a $Pp = Rr$, et par suite R peut être obtenu facilement égal à 20 ou 30 fois la valeur de P.

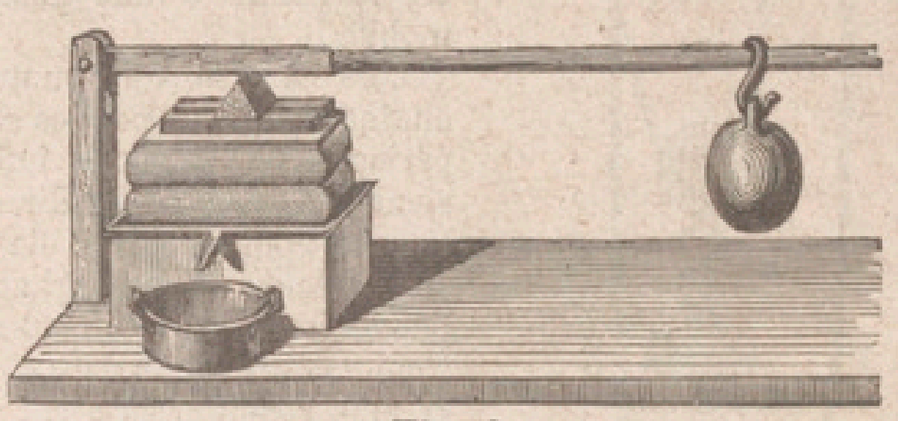


Fig. 1.

Les tenailles, les squetzers, les presses à macquer employées dans la métallurgie sont des presses à levier, susceptibles d'efforts très-considérables lorsque les leviers sont mus par des excentriques.

2° *Presse à cylindres.* Ces presses sont plus connues sous le nom de laminoirs, de calandres, etc., suivant l'usage auquel elles sont destinées. Au lieu de comprimer à la fois toute la matière soumise à leur action comme les autres presses, elles n'agissent que successivement sur chacune de ses parties par une ligne, et produisent ainsi un effort considérable. Aussi ce genre de presse est-il particulièrement réservé pour les cas où la compression exige une puissance énorme, comme le laminage des métaux, etc. On les emploie aussi dans certains cas spéciaux pour des applications particulières : telles sont les presses mécaniques *lithographiques* et *typographiques.*

La combinaison de presses cylindriques et par suite continues, pour extraire le jus de la pulpe de betterave, est un des problèmes qui ont le plus exercé la sagacité des inventeurs à cause de la finesse de cette dernière qui suit aisément le liquide et vient boucher les orifices destinés à lui donner passage.

3° *Presse à excentrique.* Ce genre de presse est peu usité ; le déplacement produit par un excentrique est trop limité pour beaucoup d'applications. On verra au *Complément*, art. PRESSE ANTIFRICTION, une élégante construction d'une presse de ce genre.

4° *Presse à vis.* La vis est l'organe par excellence pour produire des pressions, non-seulement parce qu'elle sert à multiplier l'effort exercé sur sa tête, en prenant peu de place, mais surtout parce que les efforts peuvent être successifs, le corps pressé ne pouvant par son élasticité faire desserrer la vis, pour peu que son filet ne soit pas extrêmement incliné, ce qui n'a jamais lieu pour des vis de pression.

Le plus souvent le plateau mobile est fixé à une vis normale à ce plateau, et qui passe dans un écrou relié d'une manière invariable au plateau fixe, de sorte qu'en faisant tourner la vis elle fait mouvoir le plateau mobile dans un sens ou dans l'autre ; cette vis se termine par une partie cylindrique passant dans un collier fixé au plateau, de telle sorte qu'elle lui imprime seulement un mouvement rectiligne.

Quelquefois la vis est invariablement fixée au plateau, et c'est l'écrou qui est mobile. Dans quelques cas, comme dans les presses de *relieur*, au lieu d'une vis la presse en a deux. Les vis ou les écrous mobiles se manœuvrent à l'aide de leviers.

Nous renvoyons à l'article VIS pour l'évaluation du frottement qui est consommé dans la vis ; l'égalité théorique du travail moteur et du travail résistant étant fort éloignée de la réalité, le travail du frottement étant souvent double ou triple du travail résistant utile.

Pressoirs. C'est presque toujours à l'aide de vis que fonctionnent les pressoirs établis sur de grandes dimensions, dans les contrées dont la vigne fait la richesse, et par suite dans la majeure partie de la France. Il va sans dire que jusqu'au dix-neuvième siècle, il s'agissait de grosses vis en bois, puisque la science de la construction des grandes machines en fonte et en fer n'existait pas avant la fin du dix-huitième siècle.

Ainsi le gigantesque pressoir féodal ou domanial à vis était formé d'un grand nombre de fortes pièces de charpente en chêne, superposées, juxtaposées les unes par rapport aux autres, pour en constituer un énorme levier horizontal et supérieur du second genre, nommé *bascule*, et qui suspendu à l'un de ses bouts à un tourillon en fer, venant peser non loin de là sur le plancher, également horizontal et grillagé, recouvrant les marcs de raisins et surmonté par un autre grillage de petites solives ou *méaux*, recroisées, superposées horizontalement, pour recevoir directement l'action verticale du levier-bascule, tandis que l'extrémité opposée de cette bascule recevant comme écrou, et avec une suffisante liberté de jeu, une longue et forte vis triangulaire, en bois, portant à sa partie inférieure un lourd coffre chargé de pierres, etc., que des hommes appliqués à des barres horizontales à manége, établies à une hauteur convenable au-dessus du sol ou de la cave du contrepoids, faisaient tourner tantôt pour soulever la bascule ou *dépresser*, tantôt pour élever le coffre à poids lui-même à une certaine distance du fond du puits, de manière à la suspendre, et à le faire agir ainsi plus ou moins fortement sur l'extrémité supérieure libre de la bascule.

Cet ancien pressoir, à levier et à vis, exigeait un grand emplacement et de grandes pièces de chêne que nos forêts épuisées auraient peine à fournir aux vignerons. Les frottements considérables du bois sur le bois, de la vis de grand diamètre, le rendent d'ailleurs inadmissible.

Pressoir Mabille. Comme très-bon type de pressoir à vis moderne, nous décrirons l'excellent pressoir de MM. Mabille frères d'Amboise. La fig. 2 montre bien la *maie* ou bassin qui reçoit le liquide, les *claies* qui constituent l'enveloppe extérieure, et qui, formées de pièces séparées, assemblées avec des bandes de fer flexibles, offrent une résistance suffisante, tout en laissant passer le liquide, enfin la vis centrale en fer qui porte tout l'appareil de pression, et est assemblée solidement avec la base.

Le mode de pression par l'écrou mobile sur la vis est remarquable par la manière dont il est combiné avec un encliquetage très-favorable pour l'action musculaire de va et vient des bras. Cet écrou se prolonge inférieurement et se termine par un cylindre à base dressée tournant dans une partie également dressée faisant corps avec une pièce en fonte qui porte l'axe de l'encliquetage, et dont nous donnons une coupe dans la figure 3. Lorsqu'on a recouvert la vendange de méaux recroisés, on descend l'écrou en le faisant tourner à bras. Lorsque la pression devient trop forte pour qu'on puisse continuer, on place la barre d'encliquetage et les valets dans les trous oblongs des bras de l'encliquetage (valets qui

sont de petits prismes terminés en sifflet, de telle sorte qu'ils pénètrent dans les trous de la couronne de la tête de l'écrou quand on tire le levier dans un sens et se re-

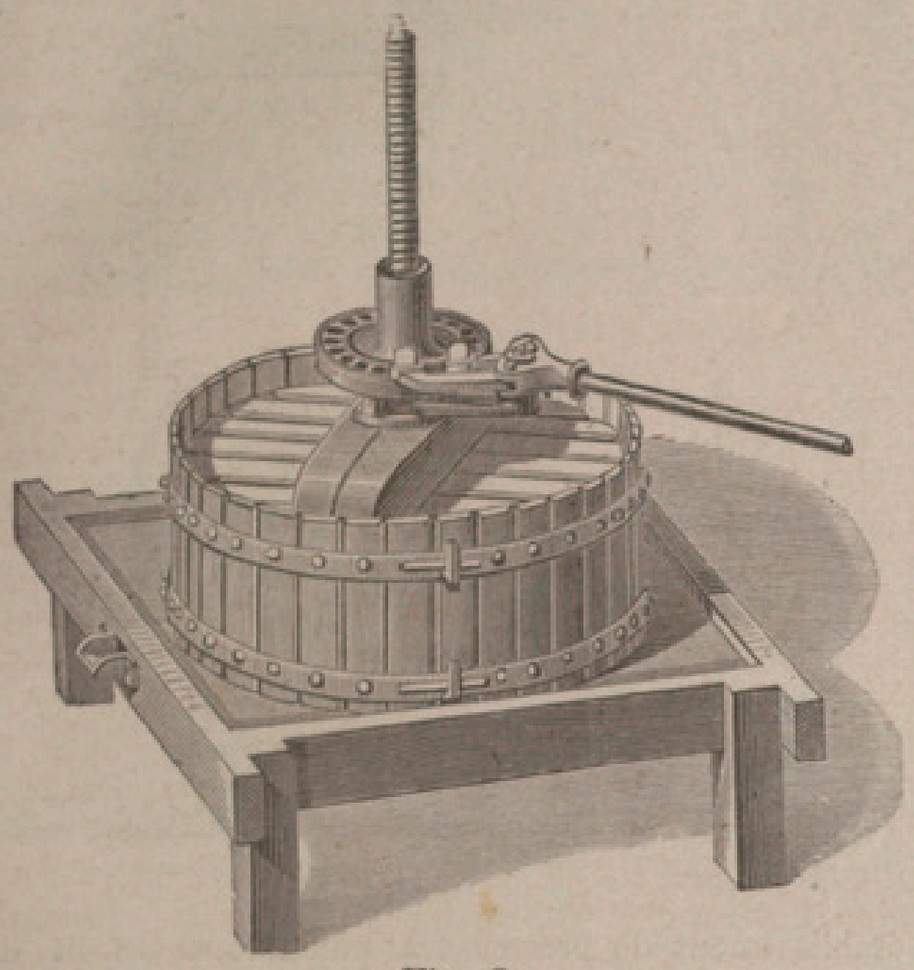


Fig. 2.

lèvent quand il marche dans le sens contraire; ce sont des crochets très-résistants, dont le sens d'action se change par un simple retournement), et on exerce alors par des mouvements alternatifs des bras une pression

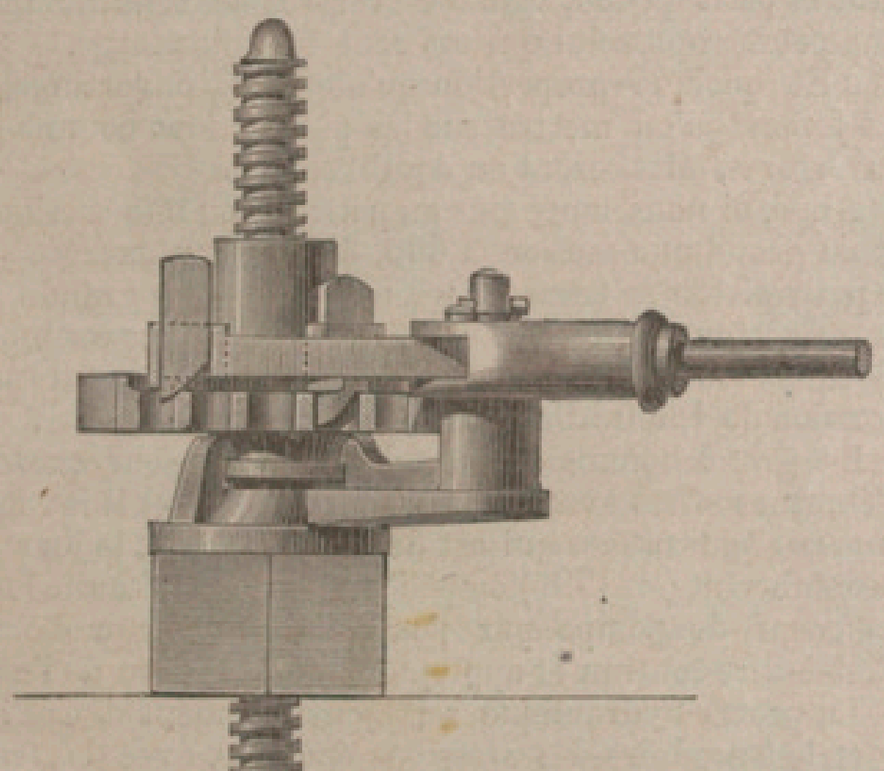


Fig. 3.

croissante. Elle est de suite assez grande pour que le frottement sur le bois, sur les méaux de la partie supérieure, empêche la pièce qui porte l'axe de l'encliquetage de tourner avec l'écrou.

La fig. 4 qui représente le détail de l'encliquetage montre que le rapport des bras de levier de la puissance et de la résistance devient énorme à la fin de chaque course, sans que, grâce à l'excellente disposition indiquée ci-dessus, il y ait possibilité d'écartement entre la vis et l'axe de l'encliquetage.

Presse à toc. Au lieu d'agir directement sur l'écrou, on peut choquer celui-ci, à la fin de la course, par un volant tournant autour de l'axe de la vis, au moyen d'un système d'oreilles convenablement disposées. On joint ainsi les effets du choc à ceux de la pression directe, mais avec les inconvénients du choc, les vibrations et ébranlements destructeurs qui en résultent.

5° *Presse à genou.* Le redressement d'une articulation fournit le moyen, en agissant sur celle-ci, d'obtenir une pression considérable à l'une des extrémités, l'autre

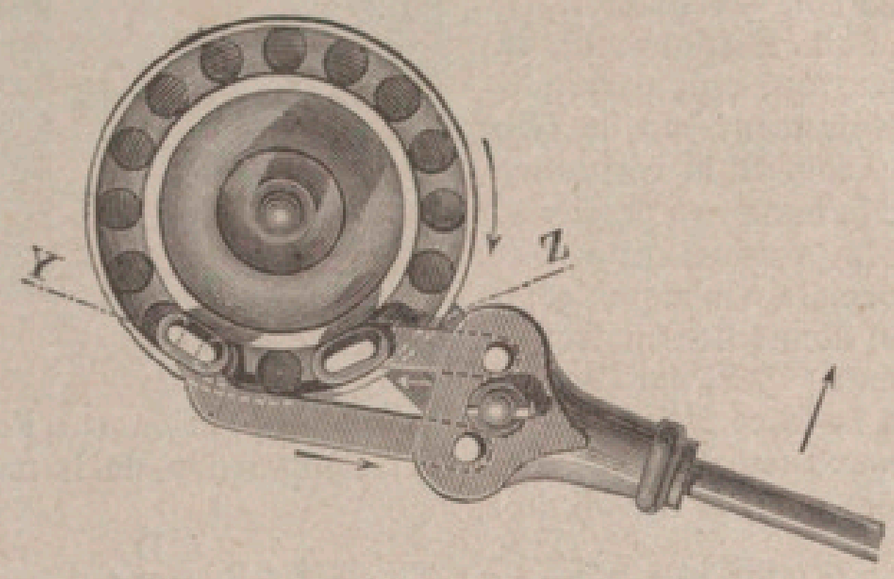


Fig. 4.

étant fixe. Nous avons déjà vu une application de ce mécanisme dans la *Presse monétaire*; nous en donnerons une seconde dans le *Pressoir* de M. Semain, que représente la fig. 5, et qui reproduit le type, connu depuis longtemps, des presses à losange.

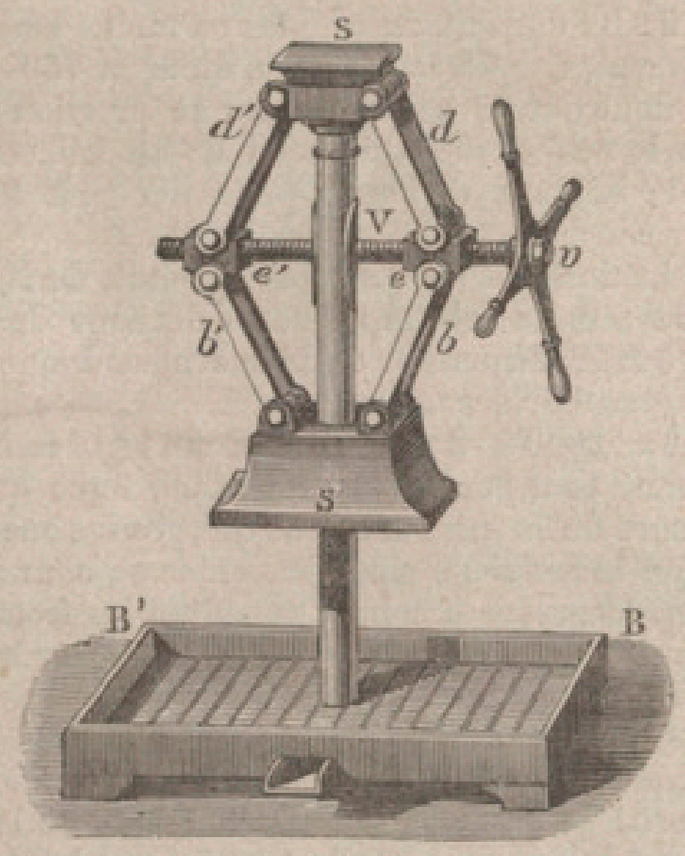


Fig. 5.

Il se compose de quatre paires de bielles b, b', d, d', articulées d'une part à deux sommiers S, S', d'autre part à deux écrous e, e', et reliées par une colonne supportant le sommier supérieur et passant librement dans le sommier inférieur. A ce dernier est fixé le plateau presseur; le tout est fixé sur un plateau à rigole BB'. Dans les écrous e, e' est taraudée une vis V à filets opposés qu'on manœuvre à l'aide d'un volant v. On voit tout de suite que si l'on desserre cette vis, le sommier inférieur s'élève et la figure s'élargit en se raccourcissant. Si, au contraire, on serre la vis, la figure se rétrécit latéralement et s'allonge verticalement; le plateau presseur se rapproche alors de BB' et comprime l'objet placé entre l'un et l'autre. Mais, et c'est là ce qui constitue l'avantage de cet appareil, l'allongement vertical va en se ralentissant à mesure que l'on serre la vis, et que le parallélogramme articulé se rétrécit; or, à ce ralentissement correspond un accroissement de force qui est très-favorable à l'objet qu'on se propose d'obtenir; car, à mesure que la substance est plus comprimée, son volume doit moins diminuer, mais il faut développer un effort plus énergique pour rapprocher davantage les molécules solides, et expulser le liquide qui y demeure interposé.

6° *Presse à coin.* C'est surtout dans les huileries qu'on se sert de la presse à coin, formée essentielle-

ment d'un coin qui glisse entre deux blocs dont l'un est fixe et l'autre qui transmet l'action à la matière que l'on veut presser.

Soit F (figure 6), la force qui agit perpendiculairement sur la tête du coin, P la résistance de la matière à presser et Q la pression suivant la normale à chaque côté, qui donne lieu au frottement fQ. Si par l'action de la force F le coin ABC prend la position abc, l'on trouve, en désignant par e la compression de la matière, pour le travail de F,

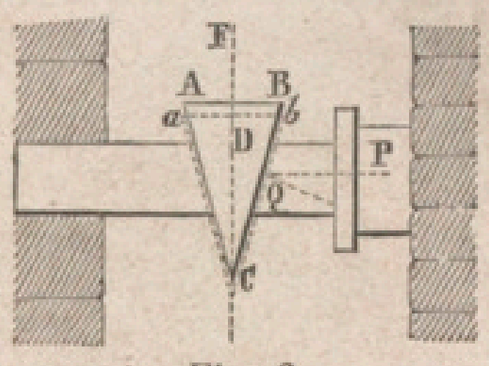


Fig. 6.

$$\text{ou } F \times e \times \frac{CD}{AB} = Pe + 2fP.\frac{CD}{AB}e.$$

Supposons que le bloc de bois qui tombe sur la tête du coin ABC pèse 40 kil., et qu'il tombe moyennement de $0^m,36$ de haut; en supposant qu'il fasse descendre perpendiculairement le coin de $0^m,02$, en tombant de cette hauteur, le travail moteur sera

$$(0,36 + 0,02) \times 40 = 15^{km},20;$$

le poids qui par sa pression ferait descendre le coin aussi de $0^m,02$ dans un temps plus ou moins long serait donné par $x \times 0,02 = 15,20$, d'où $x = 760$ kil.; il faudrait donc que le corps qui par sa pression devrait produire le même effet que celui de 40 kil., en tombant de la hauteur de $0^m,36$, pesât dix-neuf fois plus que l'autre.

Si la réaction P du corps à presser était de 2000 kil., et que la tête du coin AB fût le dixième de CD, ou $CD = 10\,AB$, l'équation ci-dessus nous donnerait, en prenant $f = 0,075$,

$$F \times 10 = 2000 + 2 \times 0,075 \times 2000 \times 10 = 5000,$$

en divisant tout par e, d'où $F = 500$, force qui n'est que le quart de la résistance, ce qui prouve encore que l'opération industrielle peut s'effectuer avec une faible force dans la presse à coin. Cependant les frottements absorbent beaucoup de travail mécanique, car la même formule donne

$$10\,Fe = 2000\,e + 3000\,e = 5000\,e;$$

$2000\,e$ exprime le travail utile et $3000\,e$ exprime le travail absorbé par les frottements; ainsi, dans le cas où le rapport f du frottement à la pression est le plus petit de tous, le travail absorbé par les frottements est encore une fois et demie celui du travail utile.

7° *Presse hydraulique.* Cette presse est fondée sur la propriété que possèdent les liquides incompressibles de transmettre également, et dans tous les sens, les pressions qu'ils reçoivent; le plateau mobile de la presse est porté par un gros piston plein et cylindrique qui passe dans une boîte à étoupes, ou plutôt à cuir embouti, placé à l'une des extrémités du corps de pompe (voyez POMPE). Ce premier corps de pompe communique avec un second corps de pompe d'un diamètre beaucoup plus faible, dans lequel se meut une pompe aspirante et foulante qui refoule de l'eau dans le premier corps de pompe (fig. 7). Si, par exemple, le diamètre du grand piston est dix fois celui de la pompe foulante, la surface sera cent fois plus considérable; si, en outre, le levier qui sert à manœuvrer la pompe foulante a son point d'appui disposé de manière à décupler l'effort, ce qui a ordinairement lieu; comme un homme peut exercer sur l'extrémité du levier un effort de 30 kil., cet effort correspondra à $30 \times 10 = 300$ kil. sur le piston de la pompe foulante et à $300 \times 100 = 30,000$ kil. sur le piston qui porte le plateau mobile de la presse. Cet exemple indique suffisamment le parti avantageux que l'on peut tirer de la presse hydraulique dans une foule de circonstances.

C'est à l'illustre Pascal que l'industrie est redevable de la première idée d'appliquer la puissance de l'eau à

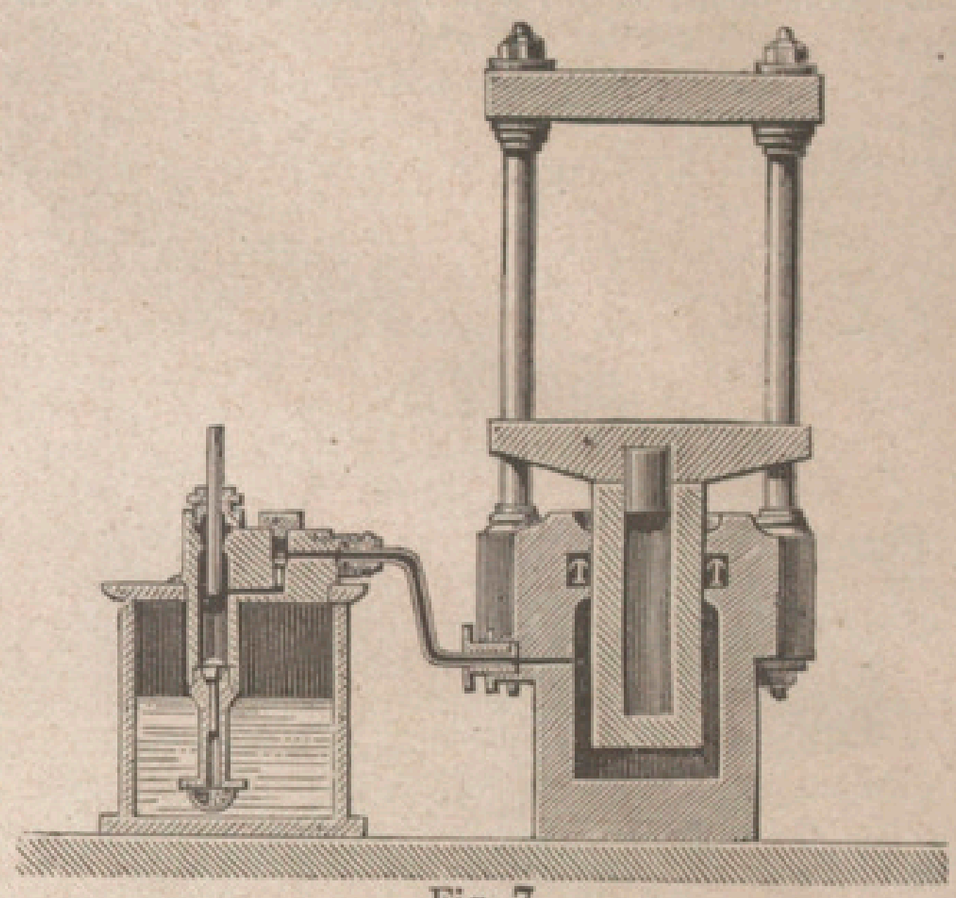


Fig. 7.

l'établissement de presses très-puissantes. On lit, en effet, dans son *Traité de l'équilibre des liqueurs et de la pesanteur de la masse de l'air*, dont la deuxième édition a été publiée en 1684, le passage suivant:

« Si un vaisseau d'eau, clos de toutes parts, a deux ouvertures, l'une centuple de l'autre, en mettant à chacune un piston qui lui soit juste, un homme, en poussant le petit piston, égalera la force de cent hommes qui pousseront celui qui est cent fois plus large.

« Et quelque proportion qu'aient ces ouvertures, si les forces qu'on mettra sur les pistons sont comme les ouvertures, elles seront en équilibre..... »

Ainsi, si nous supposons au petit piston une section 1 et au grand une section 1,000, la pression exercée sur le petit piston se transmettra mille fois plus grande au grand piston, et un poids de 1 kilogramme, par exemple, placé sur le petit piston, exercera sur le grand une pression de 1,000 kilogrammes.

Le grand homme profita de cette loi pour exercer d'énormes effets avec une très-petite force, et il inventa la *presse hydraulique* qui est devenue pratique le jour où Bramah vint (en 1796) empêcher les fuites d'eau le long du corps de pompe par l'emploi d'un cuir embouti, c'est-à-dire continu et appliqué par la pression de l'eau.

La presse hydraulique sert journellement dans l'industrie à produire des pressions énormes, avec des frottements relativement peu considérables.

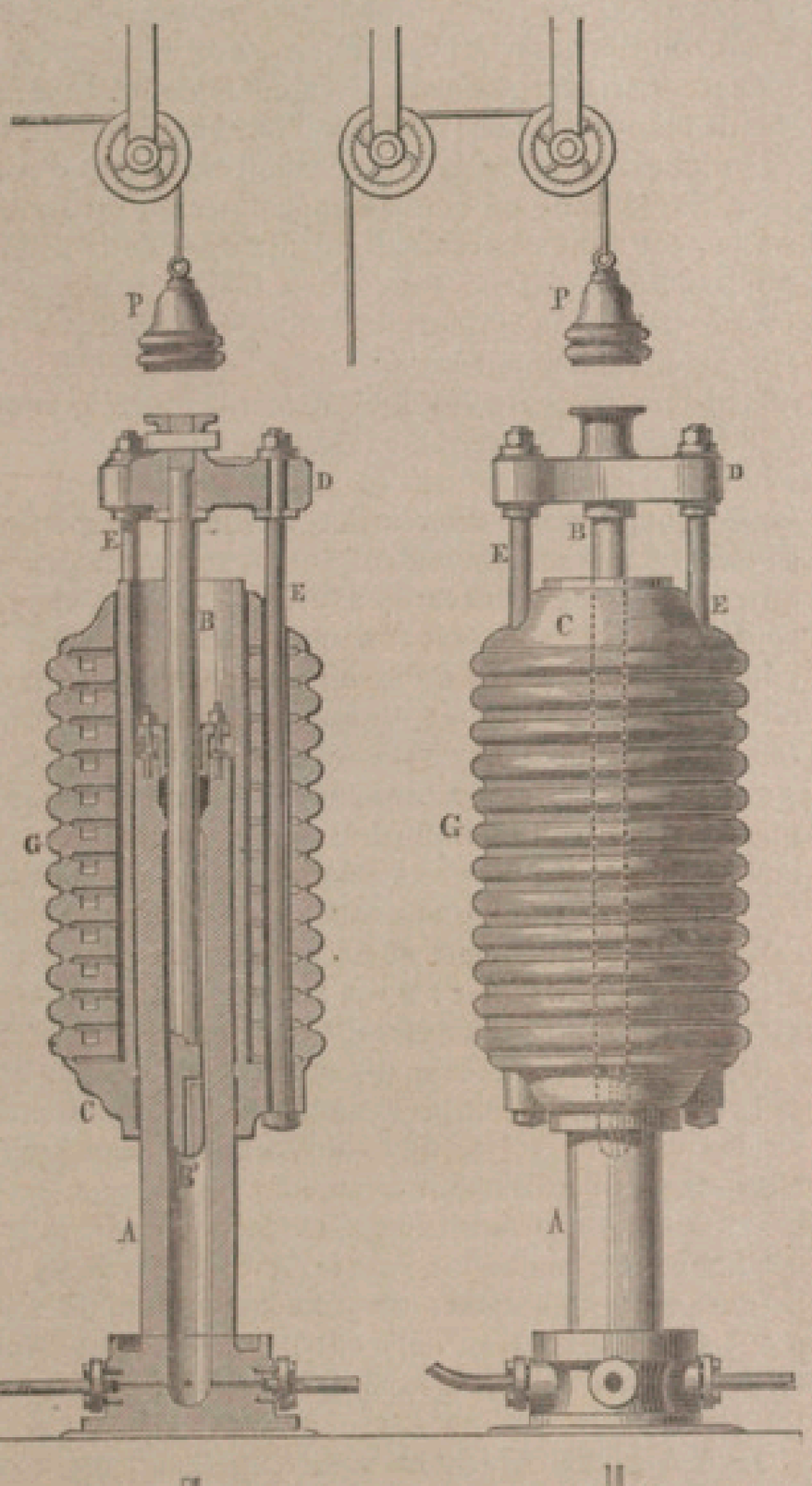
Dans la presse hydraulique industrielle (fig. 7), le piston de la pompe étant sollicité par le moteur dans le sens de la verticale produit déjà une pression énergique, et l'on a simplement l'expression : $nP = x$ (n étant le rapport des pistons, P la puissance) pour valeur de la pression exercée sur le grand piston, l'eau étant sensiblement incompressible, ne changeant pas de volume.

Accumulateur. L'accumulateur est un appareil intermédiaire entre les pompes et les presses hydrauliques, en si grand nombre que l'on voudra, d'une usine, dont sir William Armstrong, le constructeur anglais, a multiplié les applications, en ayant bien compris les avantages. Les figures 9 et 11 font voir l'appareil en élévation et en plan. La figure 10 est une coupe horizontale par le milieu de la base du corps de presse; la figure 8, une coupe verticale faite suivant ab, faisant voir les organes de la presse et le système de plateaux de fonte qui chargent, au degré voulu, le piston.

Les orifices d'injection des pompes et ceux d'ali-

mentation des presses, que le compensateur doit desservir, se trouvent distribués, au nombre de quatre, dans le pied de l'appareil, au-dessus de la plaque de fondation. Le corps de presse A est très-long par rapport à son diamètre : il est alésé intérieurement, et garni des cuirs emboutis convenables pour assurer le jeu du piston B, et exactement tourné à l'extérieur pour permettre au cylindre C, garni de ses rondelles, de glisser librement, suivant la demande du piston. La solidarité entre l'une et l'autre pièce se produit au

Fig. 8. Fig. 9.



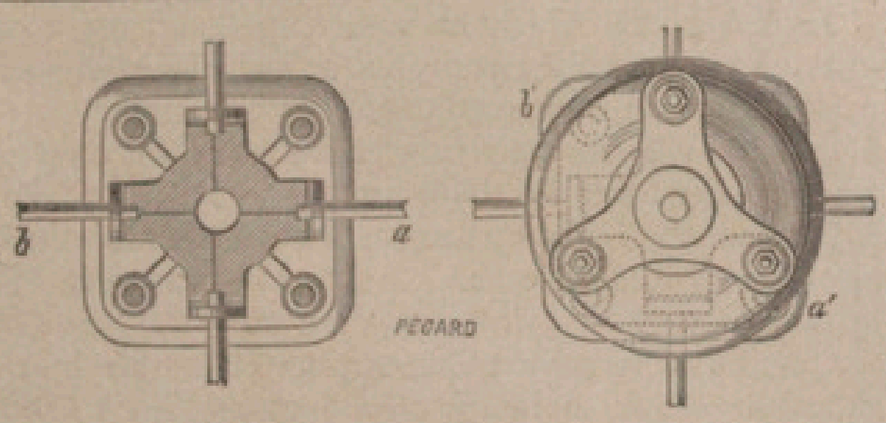


Fig. 10. Fig. 11.

moyen de la forte bride triangulaire D et des trois tiges de suspension E; celles-ci relient entre eux les deux plateaux C, qui comprennent entre leurs tiges un nombre de plaques plus ou moins considérable, suivant la pression à laquelle on veut se maintenir. Ainsi chargé, le piston peut parcourir, du haut en bas, toute sa course, sans pour cela que la pression varie, et pourvu qu'il ne repose pas par la bride supérieure D sur le corps de presse, l'appareil sera toujours prêt à injecter une partie de son eau sous cette même pression. Les pertes que fait ainsi le cylindre A sont d'ailleurs incessamment réparées par le service des pompes d'injection qui ne doivent cesser de fonctionner que si le piston B est arrivé au sommet de sa course. Si, par impossible, cette circonstance se présentait, on voit en B' comment l'eau excédante serait rejetée en dehors par le petit conduit B', ménagé à la partie inférieure du piston.

Mais c'est là une condition de sécurité surabondante, car les choses sont ainsi disposées qu'en venant rencontrer le poids P au moyen du tampon D', et avant de permettre à l'eau de sortir par le conduit B', le piston détermine la cessation du fonctionnement de la pompe ou des pompes d'injection par suite du soulèvement du poids P.

Dans la machine exposée en 1862, par M. Lecointe, le piston B avait une section transversale de 33 centimètres carrés; le poids total des rondelles était de 3,300 kil., de sorte que la pression hydraulique était constamment maintenue à 3300 : 33 = 100 kil. par centimètre carré ou à 100 atmosphères.

On ne saurait croire combien ces sortes d'appareils apportent d'améliorations dans les usines dans lesquelles un grand nombre de presses sont constamment en fonction; chaque ouvrier presseur n'a qu'un robinet à tourner plus ou moins, pour déterminer et modérer à son degré la rapidité de l'opération qu'il dirige. (Voy. TREUIL HYDRAULIQUE.)

Presse hydraulique horizontale. La presse hydraulique horizontale employée pour faire les emmanchements de pièces tournées ou rabotées, se compose d'un fort cylindre horizontal en fonte muni de son piston. Ce cylindre est boulonné sur une bâche en fonte remplie d'eau, qui est fixée au sol. Vis-à-vis le cylindre se trouve un sommier en fonte posé sur un bloc mobile de bois, qui peut se rapprocher ou s'éloigner à volonté du cylindre, suivant que les pièces à opérer ont plus ou moins de longueur.

PROJECTILES. Dans les articles AFFUT, BOUCHES A FEU, POUDRE A CANON, nous avons traité les sujets qui, avec l'objet de cet article, forment l'ensemble qui constitue l'*artillerie*, que nous avons définie l'*application de l'industrie à l'art de la guerre.*

L'effet des projectiles est en raison : 1° De *leur densité.* La quantité de mouvement que possède un projectile est en proportion de sa masse. Le plomb, métal qui satisfait parfaitement à cette condition, est seul employé pour les balles de fusil de munition et de fusil de rempart; — 2° De *leur dureté.* Le plomb est d'une dureté insuffisante quand il s'agit de détruire des obstacles résistants, comme les remparts avec l'artillerie de siége. Dans ce cas, il s'aplatirait contre les murailles au lieu d'y pénétrer. Mais la densité de la fonte n'étant que 7,80, tandis que celle du plomb est de 11,80, les portées sont proportionnellement moindres : — 3° De *leur forme.* Tous les projectiles de l'artillerie jusque dans ces dernières années étaient de forme sphérique, dont les dimensions peuvent par suite être facilement vérifiées, et qui peuvent se présenter dans l'âme de l'arme dans toutes les positions

Il y a évidemment avantage à employer des solides de moindre résistance, de forme analogue, par exemple, à celle qu'on a donnée aux navires se mouvant dans les liquides. Mais la résistance d'un semblable projectile, comparée à celle que rencontre celui de forme sphérique de même masse, n'est moindre que dans le sens de l'axe; elle est beaucoup plus grande dans l'autre sens. Or, l'impulsion n'ayant jamais lieu exactement sur le centre de figure par l'effet du vent de l'arme, des battements qui en résultent, il en résulte nécessairement dans les bouches à feu à âmes lisses un mouvement de rotation qui rend les résistances et les déviations des projectiles allongés plus considérables que celles des projectiles sphériques. Il ne peut en être autrement que pour les projectiles des

canons rayés. Mais il n'y a pas à s'occuper ici de cette question, attendu que les effets que nous allons analyser sont seulement en raison des vitesses.

Des divers projectiles. On emploie plusieurs espèces de projectiles, en raison du but à atteindre :

1° *Les projectiles pleins*, du diamètre de l'âme. Ceux les plus fréquemment employés, et désignés sous le nom de boulets, sont en fonte de fer (fondus en coquille), sphériques, et de même diamètre que l'âme de la pièce (sauf une petite différence en moins, qu'on est obligé de tolérer à raison des imperfections de la fabrication);

2° *Les projectiles creux.* Ils se composent d'une enveloppe sphérique en fonte. Le centre est rempli de poudre en quantité suffisante pour faire éclater le projectile. Un œil cylindrique sert à introduire la poudre et est fermé par une fusée, qui consiste en un coin en bois chassé avec force. Le centre de cette fusée forme un tube creux qu'on remplit de pulvérin (poudre écrasée). Lorsque le projectile est chassé de la bouche à feu, les gaz incandescents mettent le feu au pulvérin, qui continue à fuser lentement pendant la course du projectile. La fusée étant assez longue, ce n'est qu'à l'extrémité de sa course, après avoir déjà agi comme un projectile ordinaire, que celui-ci éclate et agit une seconde fois.

Pour que les éclats produisent un effet meurtrier, il faut que les parois soient d'une épaisseur assez considérable ; aussi la partie vide n'atteint jamais les 2/3 du volume total. Les éclats sont d'autant plus nombreux que la quantité de poudre est plus considérable : ainsi dans une expérience, on a fait varier de six à vingt-quatre le nombre des éclats des obus de 24, en faisant varier la charge de 1 once à 1 livre. Les projectiles creux sont lancés dans des pièces à chambres, c'est-à-dire que la charge, qui est toujours d'un faible poids relativement au calibre, à cause du peu de masse du projectile, est placée dans une cavité concentrique de l'âme de la pièce, et d'un diamètre moindre. Les projectiles creux qui se tirent dans des bouches à feu presque horizontales, s'appellent obus ; ceux qui se tirent sous des angles très grands (45°), sont de gros calibre et s'appellent bombes.

3° *Projectiles formés par la réunion de projectiles d'un petit calibre.* Nous ne citerons parmi ceux-ci que la boîte à balles, le seul d'un usage réel, et dont l'effet est si terrible, à petite portée, contre l'infanterie. Elle se compose d'un cylindre en tôle du diamètre de la pièce, fermé à ses extrémités par des plaques de fer, et remplie à l'intérieur de balles en fer forgé (41 pour le calibre de 12). Lorsqu'on tire ces projectiles, le culot en fer placé près de la poudre, prenant une vitesse supérieure à celle du projectile, désorganise la boîte à balles, et il se forme un cône de balles dont l'effet est très meurtrier à 300^{m}. A de grandes distances la déviation est trop considérable pour qu'on puisse employer un semblable projectile, dont la portée est d'ailleurs de beaucoup inférieure à celle du boulet.

Nous ne parlerons pas des boulets ramés (réunis par une barre de fer), quelquefois employés dans la guerre maritime ; nous parlerons seulement des précautions à prendre pour lancer à terre un cordage en cas de naufrage sur les côtes. Si l'on attachait directement le cordage au projectile, même en tirant à une faible charge, l'inertie du cordage le ferait rompre. On évite cet inconvénient en attachant à ce projectile une barre de fer, puis à celle-ci une chaîne résistante, puis le cordage. Cette question, intéressante pour une application spéciale, est traitée d'une manière spéciale à l'article PORTE-AMARRE du *Complément.*

Pénétration des projectiles.

MM. Piobert et Morin ont fait, en 1834, des expériences extrêmement curieuses sur les effets du choc et de la pénétration des projectiles, rencontrant des corps de dureté différente. Ils ont obtenu des résultats extrêmement curieux ; nous allons en rapporter quelques-uns, en suivant le rapport fait sur ces beaux travaux par M. Poncelet.

Pénétration dans les maçonneries, le roc, le bois, les terres.

Dans les maçonneries comme dans le roc, les trous que forment les projectiles se trouvent généralement composés d'une partie tronçonique extérieure, dont la plus grande base répond au parement, et d'une partie cylindrique assez régulière, d'un diamètre sensiblement égal à celui du boulet, et qui se termine par un hémisphère dans lequel ce dernier reste ordinairement emboîté, sans éprouver de mouvement de recul sensible, si ce n'est pour le cas des roches calcaires. L'enfoncement est de 0^{m},60 environ pour le 24 dans de bonnes maçonneries, et de 0^{m},30 seulement dans des masses calcaires, et dans ce cas les boulets rebondissent souvent à 100^{m} en arrière. La partie tronçonique, fort irrégulière, paraît due à un simple arrachement produit par la réaction élastique des pierres comprimées latéralement jusqu'à une certaine distance du parement ; la partie cylindrique et hémisphérique, au contraire, paraît être le résultat d'un broiement, d'une pulvérisation violente des parties qui se sont trouvées directement sur la route du boulet, et qui, d'après les observations de MM. Piobert et Morin, sont vivement repoussées en arrière sous la forme d'une poudre blanche, très fine, offrant tous les caractères d'une chaux caustique ; ce qu'ils attribuent à la haute température développée dans l'acte de la compression. Toutefois cet effet de broiement ne s'opère pas seulement sur les parties immédiatement en contact avec le boulet, il s'étend encore à une petite distance au-delà, et se trouve accompagné, dans le surplus de la masse, de traces d'ébranlement et de désorganisation mécanique très sensibles, si ce n'est vers le fond du trou où la vitesse du boulet est naturellement affaiblie.

Dans le bois de chêne, les ouvertures pratiquées par le boulet se referment presque hermétiquement, comme l'ont appris déjà les anciennes expériences ; mais il n'en est point ainsi pour le sapin : tandis que, dans le premier cas, la pénétration est accompagnée de larges déchirures et d'éclats de bois à l'entrée et à la sortie du boulet, dans le second, la désorganisation ne s'étend point sensiblement au-delà des parties directement atteintes, et se réduit à la simple rupture des fibres ligneuses.

Le sable anciennement rassis, mélangé ou non de gravier et de cailloux, présente, en raison de son incompressibilité bien reconnue, des circonstances analogues à celles des maçonneries : il est réduit en poudre très fine sur toute la route du boulet, qu'elle remplit entièrement après son passage, et cette poudre se trouve blanchie et desséchée par suite de la haute élévation de la température.

Quant aux terres argileuses plus ou moins humides et mélangées de sable fin, elles donnent lieu à des phénomènes bien différents, et qui s'observent au plus haut degré dans les argiles plastiques propres à fabriquer les briques et la poterie : le vide de pénétration est formé d'un long canal persistant, revêtu intérieurement d'une croûte durcie offrant des déchirures longitudinales, et dont le contour, plutôt parabolique que conique, a sa légère convexité tournée vers l'axe rectiligne de la trajectoire : sa section méridienne, près du fond, a les dimensions du grand cercle du boulet ; mais celle de l'entrée offre un diamètre qui atteint souvent le quadruple et le sextuple de celui du projectile. MM. Piobert et Morin supposent qu'ici, comme dans le cas des milieux très consistants, les parties immédiatement atteintes par le boulet cheminent, de l'avant à l'arrière, par suite du

refoulement qu'elles éprouvent, et qui se transmet, de proche en proche jusqu'à l'orifice d'entrée, de manière à produire et l'évasement progressif remarqué et la projection en arrière d'une partie des terres.

2° *Déformation des projectiles, rupture et accidents qui l'accompagnent.* Les boulets de divers calibres, creux ou pleins, ne paraissent pas éprouver de déformation sensible et permanente dans les milieux facilement pénétrables, tels que les terres de diverses natures même aux plus grandes vitesses de projection; mais il en est tout autrement du cas où ils sont lancés contre le roc, les maçonneries et le sable pur, anciennement rassis, mélangé ou non de gravier : les obus ou boulets creux s'y brisent en éclats sous les plus faibles charges. Quant aux boulets pleins, les expériences ont conduit à établir une grande distinction entre ceux qui sont en fonte dure, c'est-à-dire blanche ou truitée, et ceux en fonte douce et grise. A la charge ordinaire du 1/4 ou 1/3 du poids du boulet, répondant à des vitesses, au but, de 450 à 500^{m} par seconde, plus des 3/4 des premiers projectiles se trouvent rompus quand le tir a lieu contre les maçonneries, et cela quelquefois pour le sable rassis mêlé de gravier : la séparation se fait généralement suivant des plans méridiens passant par l'axe du vide; mais, pour des charges plus faibles, les boulets en fonte dure sont seulement fendillés suivant des directions rayonnantes ayant pour pôle le point où a commencé le choc, et s'arrêtant à une distance d'environ 90° de ce pôle. Les boulets en fonte grise et douce, au contraire, ne se rompent que sous les plus fortes charges en usage dans l'artillerie, et même alors ils ne le sont qu'en partie; l'espèce de ductilité que possèdent ces boulets, a permis aux auteurs d'étudier le mode de déformatiou, très remarquable, qu'ils éprouvent avant l'instant de leur rupture complète, laquelle présente d'ailleurs les mêmes caractères de fendillement et de rayonnement que pour la fonte dure : un relèvement exact, opéré sur un boulet de 8, en fonte douce, leur a montré qu'il s'aplatissait dans le sens du mouvement, et se renflait, suivant l'équateur, de quantités très appréciables, puisqu'elles s'élèvent respectivement aux 0,43 et aux 0,17 du diamètre. Il est évident que ce renflement de l'équateur doit non seulement accroître la résistance du milieu qui est proportionnelle à l'étendue de la surface agissante, mais encore être, en elle-même, la cause d'une consommation appréciable de force vive.

L'élévation de température, dans ces phénomènes du choc, est telle, qu'un boulet de 24, après avoir traversé un ancien parapet en sable, conserva assez de chaleur pour qu'un homme qui le ramassa, à environ 40^{m} au delà, en eût les mains légèrement brûlées.

3° *Lois des impressions et résultats de l'expérience* Un résultat bien remarquable de ces expériences, c'est que, pour faire brèche à un rempart, dans des circonstances données, il faut consommer à très peu près la même masse de poudre ou le même poids de boulets, avec des pièces du calibre de 16 et de 24, tirées aux charges de guerre ordinaires, l'effet destructeur des projectiles étant ainsi exactement représenté par leur force vive. Et, en effet, on sait, d'après les expériences de Hutton, qu'entre certaines limites, les forces vives imprimées aux boulets, dans de telles pièces, sont sensiblement proportionnelles aux charges de poudre.

Les faits déjà signalés et qui sont relatifs aux volumes des petites impressions des corps durs dans les milieux ductiles, peuvent être aussi considérés comme une conséquence du même principe; car les effets se réduisent ici sensiblement à la production du vide qui est dû au travail des pressions développées. Or, les résultats des expériences ont permis à MM. Piobert et Morin de vérifier ces faits pour les plus grandes vitesses des projectiles et des milieux, tels que le roc, la maçonnerie et les terres, dans tous les cas, assez rares il est vrai, où le relèvement du vide apparent n'a pas laissé trop d'incertitude. Mais il n'en a pas été ainsi des bois, qui donnent lieu à des effets très irréguliers, et dont la majeure partie de l'impresion disparaît après le passage du boulet, en raison de la force de ressort conservée par les fibres non rompues; les auteurs ont dû substituer au vide effectif celui qui répond à la course du boulet dans l'intérieur du milieu, et ici encore le rapport de la force vive au volume du vide ainsi mesuré est demeuré sensiblement constant; ce qui confirme de la manière la plus satisfaisante, pour les bois de chêne et de sapin, les résultats de l'ancienne théorie et des anciennes expériences, qui d'ailleurs ont conduit à des valeurs de ce rapport beaucoup plus faibles, et provenant, sans doute, principalement de la manière dont les pièces du massif étaient unies et liées entre elles.

PROJECTILES.

Pénétration dans les métaux.

Le projectile rencontrant un corps dur cause une dépression au point de contact, en s'aplatissant lui-même. En ce point il y a donc destruction de forces vives par les actions moléculaires; mais les parties éloignées tendent à continuer leur mouvement, d'où résulte le genre de rupture que nous allons décrire.

1° *Déformation des projectiles, rupture et accidents qui l'accompagnent.* Dans le tir perpendiculaire contre les massifs en fonte parallépipédiques, solidement encastrés et pesant de 1.000 à 2.000 kil., les boulets ont été brisés sous les plus petites vitesses en présentant néanmoins des circonstances physiques très distinctes de celles qui ont eu lieu pour les grandes : à la vitesse de 70^{m} environ par seconde, répondant à la charge de 1/128e du poids du boulet, la rupture s'opère comme dans le tir contre les maçonneries, c'est-à-dire par deux plans diamétraux à angles droits, passant par l'axe qui contient la trajectoire du projectile. A la vitesse de 100^{m}, relative à une charge de 1/64e, la partie antérieure du boulet de 16 a offert une dépression de plusieurs millimètres sur une étendue, en diamètre, de 0^{m},06 à 0^{m},07, et qui est devenue la base d'une sorte de noyau pyramidal, à 5 pans, dont le sommet paraît être placé au centre du projectile : ce noyau, faisant l'office d'un coin véritable, oblige le surplus de la masse à se partager en 5 parties, à peu près égales, suivant des plans méridiens passant par l'axe qui est parallèle à la direction du mouvement. La réunion et la juxta-position de ces fragments n'a pas, du reste, laissé apercevoir d'altération générale de forme sensible; mais tandis que leur surface de fracture méridienne présentait un aspect grenu et rugueux, celles qui leur étaient communes avec le noyau offraient, au contraire, une apparence métallique très brillante et fibreuse, produite par le violent froissement ou frottement de glissement contre ce noyau dont les faces offraient d'ailleurs le même aspect.

A la vitesse de 150^{m}, et pour des vitesses de plus en plus grandes, le mode général de rupture reste à peu près le même, si ce n'est que le nombre des fractures méridiennes augmente, et que la forme du noyau se rapproche davantage de celle d'un cône à base circulaire, dont elle diffère néanmoins en ce que les génératrices, au lieu d'être rectilignes, présentent, près de cette base, une légère courbure ayant sa convexité tournée vers l'axe. Mais une circonstance qui paraîtra surtout digne de remarque, c'est que le noyau offre, jusqu'à une certaine profondeur, une suite d'enveloppes de couches coniques parallèles, d'épaisseurs sensiblement égales, et qui paraissent avoir glissé successivement les unes sur les autres, à mesure que l'impression faisait des progrès ou que de nouvelles zones de la surface du boulet venaient à se mettre en contact avec la surface plane extérieure du massif en fonte qui recevait

PROJECTILES.

le choc. Les saillies respectives de ces zones et les empreintes qu'elles produisaient dans le bloc dont il s'agit, enfin l'aspect brillant et fibreux des surfaces d'enveloppes, ne laissent aucun doute sur la nature de ce phénomène de rupture par glissement successif.

MM. Piobert et Morin ont reconnu: 1° que le nombre des enveloppes successives croît avec la vitesse de projection; 2° que la hauteur ou l'axe de l'enveloppe externe de ces noyaux décroît, pour chaque calibre, moins rapidement que la vitesse n'augmente; 3° que les angles des génératrices courbes avec la base, qui demeurent compris entre 41 et 72°, et diminuent plutôt qu'ils n'augmentent avec la grosseur du calibre, suivent, par rapport aux vitesses de projection, une marche de décroissement analogue à celle des hauteurs de noyaux.

Les effets de rupture qui viennent d'être signalés, la formation et le glissement successifs des enveloppes de noyaux, suffisent pour convaincre que les boulets perdent, aux environs du point choqué, la majeure partie de leur force d'élasticité ou de ressort; ce fait est d'ailleurs constaté directement par le faible rejaillissement, en arrière, du projectile et de ses débris, ainsi que par le résultat des expériences en petit, sur les lois du mouvement et du frottement pendant le choc, entreprises, en 1833, par M. Morin; mais il ne s'ensuit nullement que la force de ressort des parties éloignées du centre d'impression ait subi la même altération, ni que les débris des projectiles ne puissent s'échapper latéralement, avec une certaine vitesse, en raison de la décomposition de leur mouvement de glissement oblique sur le noyau et de la rotation qu'ils tendent à prendre au point de leur rencontre avec le bloc en fonte; l'expérience prouve, en effet, que cette vitesse est assez grande pour que les fragments aillent pénétrer, de toute leur épaisseur, les pièces de bois disposées autour du but, dans la vue de les arrêter.

Les boulets de 8 et de 24, tirés à la faible charge du 1/16 et du 1/24, contre une masse cubique de plomb de 0m,60 de côté et pesant 3,000 kilogrammes, ne s'y brisent point, quoiqu'ils y produisent des impressions profondes; à la charge du 1/8 et 1/12 du poids du boulet, ils se sont partagés en trois ou quatre morceaux, suivant des plans méridiens passant par l'axe de l'évidement, et ces morceaux, par la divergence de leur mouvement, ont donné lieu à autant d'empreintes particulières. Déjà aussi des traces de dépression se montraient à la surface antérieure du boulet, et indiquaient la formation d'un petit noyau central et de ses enveloppes successives; mais, à la charge du 1/6 répondant à une vitesse d'environ 370 mètres par seconde, les boulets se sont divisés en un très-grand nombre de parties, dont aucune n'a rejailli à l'extérieur, et qui offraient des sillons assez profonds dans lesquels ce métal se trouvait comme incrusté.

2° *Effets physiques produits dans les milieux, résultats et lois des impressions.* Les parallélipipèdes de fonte ayant été soumis au choc dans le sens perpendiculaire à leur plus petite ou à leur plus grande face, ont subi, au contact, des impressions annulaires exactement moulées sur celles des boulets, et qui ont donné lieu également à la formation d'un noyau conoïdal accompagné de plusieurs enveloppes de glissement successif, offrant l'aspect brillant et fibreux déjà signalé: ce noyau, dont le sommet est situé à l'intérieur du massif, a encore ici agi comme un coin pour écarter les parties latérales qui se sont fendillées, à la surface, dans des directions rayonnées. La formation de ce même noyau et de ses enveloppes, dont le nombre croît, ainsi qu'on l'a vu, avec la vitesse, est donc un fait général qui sert à expliquer la rupture réciproque des corps durs et la perte totale de l'élasticité au point où le choc s'opère.

Mais, indépendamment des ruptures qui ont lieu dans le voisinage des empreintes, il s'en produit ici d'autres très-remarquables, à de grandes distances de là, et qui n'ont aucune connexité avec les premières, attendu qu'elles proviennent uniquement de la force de réaction ou de ressort conservée par les parties non directement atteintes: lors des expériences sur un châssis d'affût de côte en fonte, très-épais, des boulets de 8, tirés à la faible vitesse de 150 mètres par seconde, ont déterminé de larges fractures à des distances de 0m,5 et 1m,5 du point de choc. Les auteurs expliquent ces effets singuliers par la flexion générale, les nœuds et les ventres de vibration qui s'établissent dans certaines régions de la masse, et qui, ayant atteint la limite d'amplitude que comporte l'élasticité des parties, entraînent forcément des solutions de continuité: ces faits bien constatés leur font conclure que la fonte de fer, malgré sa grande ténacité, doit être proscrite de toutes les constructions militaires exposées au choc direct des projectiles, non-seulement à cause de son extrême fragilité, mais encore en raison des éclats dangereux qu'occasionnent sa rupture et celle des projectiles.

Le plomb étant un métal essentiellement mou et ductile, donne lieu à des effets de pénétration très-différents, et analogues, bien que moins prononcés, à ceux qui concernent les argiles plastiques dont nous avons déjà rendu compte; les boulets pleins qui s'y brisent souvent en éclats, ainsi qu'on l'a dit, produisent des impressions qui dépassent généralement leur diamètre en largeur et en profondeur, et qui sont accompagnées antérieurement d'un rebord ou soulèvement très-évasé et recourbé, produit par le refoulement de la matière du dedans au dehors de la cavité. Ces effets, est-il dit dans le Mémoire, donnent au vide de l'impression une forme analogue à celle de certains vases antiques de révolution, qui seraient ornés sur les bords de palmes dentelées, et dont l'aspect est ici d'autant plus agréable, que la matière, fraîchement dénudée, possède tout son éclat métallique.

Les volumes de ces vides et ceux des empreintes sur les blocs de fonte ont été relevés, avec les plus grands soins, par MM. Piobert et Morin, qui ont trouvé que leurs rapports avec les forces vives correspondantes des projectiles étaient sensiblement constants, comme pour le cas des maçonneries et du roc.

EFFETS DES BALLES EN PLOMB.

Les expériences relatées ci-dessus se rapportent à des projectiles en fonte, substance très-dure qui n'est pas susceptible de déformation, mais seulement de rupture. M. Melsens, dans des expériences analogues faites avec des balles de plomb, substance molle se déformant facilement, a étudié les effets d'écrasement qui se produisent et qui ne sont pas moins dignes d'intérêt.

C'est surtout pour évaluer la chaleur produite par le choc des balles lancées par les armes à feu que M. Melsens a été conduit à faire ces expériences.

Plusieurs chirurgiens avaient signalé avec étonnement des fragmentations des balles lancées par les armes à feu, et surtout par les armes nouvelles qui leur impriment un rapide mouvement de rotation. M. Coze, ancien professeur de médecine, à Strasbourg, s'appuyant sur la théorie mécanique de la chaleur, chercha à établir la fusion probable des balles dans les plaies produites par les armes à feu. Si on calcule la quantité de chaleur équivalente à la force vive possédée par une balle lancée par une arme de guerre, on la trouve suffisante pour fondre cette balle; mais il n'en résulte pas que ce phénomène se produise dans les circonstances dont il vient d'être parlé. Pour que le travail mécanique se convertisse en chaleur, il faut que certaines conditions soient remplies, à savoir, que les effets mécaniques du travail deviennent impossibles, et que les mouvements de masse puissent devenir des mouvements vibratoires

moléculaires. Ces conditions ne sont nullement satisfaites dans le cas dont il s'agit, et la prétendue fusion des balles dans les blessures n'existe pas. M. Melsens l'a prouvé surabondamment en tirant, sur des chevaux morts, des balles de plomb, d'alliage fusible, dans des circonstances variées, sans constater de fusion. C'est que la balle, en déchirant les chairs, en brisant les os, accomplit un travail mécanique résistant qui consomme la force vive de la balle, si bien qu'il n'en reste plus à convertir en quantité notable de chaleur.

Tir contre des obstacles inébranlables. « Je charge, dit l'auteur, un fusil lisse de munition avec un poids de poudre capable d'imprimer à la balle sphérique de plomb de 16^{m},7 de diamètre, du poids de 0^{k},02365, une vitesse de 400 mètres par seconde environ; l'obstacle que la balle frappera, placé à 5 ou 6 mètres de la bouche à feu, se compose d'une petite enclume de maréchal, d'une largeur de 0^{m},110 sur 0^{m},260 de hauteur; son poids est de 48 kilogrammes; elle est parfaitement appuyée contre un mur d'une forte épaisseur pour la rendre aussi inébranlable que possible. Sa surface est dure et ne s'entame pas par la lime. Cette enclume est enveloppée par une feuille de zinc mince, n° 8, de 2 mètres de long, qui, repliée sur elle-même, forme, en avant de sa surface tournée vers le tireur, un long tube dans lequel on espérait retrouver, afin de pouvoir les peser, les fragments des balles brisées par le choc; l'entrée de ce tube était fermée par quelques feuilles d'un papier très-fort destiné à recueillir les fragments rejetés en avant.

« La première balle qui frappa l'enclume l'atteignit très-sensiblement au centre de figure et ses fragments, s'éparpillant de ce point, découpèrent la lame de zinc dans le prolongement du plan de l'enclume; beaucoup de fragments menus étaient implantés dans le couvercle de papier, à 2 mètres en avant; quelques-uns l'avaient traversé; on déploya rapidement la lame de zinc pour juger de la température des fragments les plus gros: on les trouva chauds, mais non brûlants; remarquons, toutefois, qu'une observation pareille n'a pas une bien grande valeur, bien que le temps du refroidissement fût très-court.

« Mais il est un point qu'il faut remarquer très-particulièrement d'abord, c'est que la vitesse de la balle, que j'estime à 400 mètres par seconde, étant anéantie si toute la force vive était transformée en chaleur, la température dans le plomb complétement fondu ne s'élèverait pas à moins de 415 degrés C., c'est-à-dire à plus de 90 degrés C. au delà du point de fusion; or, comme je suppose toujours que la balle, au moment du choc, ne possède que la température de la glace fondante, ce qui est impossible dans le tir fait à la température ordinaire, et que je fais abstraction dans le calcul de la température qu'elle peut acquérir dans son parcours dans l'âme du fusil au contact des gaz de la déflagration de la poudre, il est incontestable que la température doit être encore plus élevée que 415 degrés C.

« Quoi qu'il en soit, il est incontestable que, dans le tir sur mon enclume, je retrouve une quantité considérable de fragments qui n'ont pas subi la fusion, et je n'ai jamais observé des gouttelettes appréciables à l'œil nu.

« Avant d'aller plus loin dans l'analyse de ces phénomènes, je crois devoir rendre compte d'une autre expérience dans laquelle, au lieu d'employer la balle de plomb qui ne fond qu'à 325 degrés C., j'emploie, dans une expérience disposée pour arrêter le projectile sur l'enclume munie de son manchon de zinc, une balle d'alliage fusible de Darcet; ces balles ont leur point de fusion à 95 degrés C. environ.

Leur (c) calorique spécifique à l'état solide est.	0,0356
Leur (c') calorique spécifique à l'état liquide. .	0,0390
Leur (C") chaleur latente de fusion.	4,4960

« J'avais entouré la lame de zinc d'un cahier de vingt-quatre feuilles de papier très-fort.

« Après le choc, qui fut excentrique, c'est-à-dire à 35 millimètres du bord au lieu de 55, pour être bien au milieu de l'enclume, on trouva, indépendamment de la poussière très-fine, une assez grande quantité de petits fragments anguleux provenant des parties de la balle qui n'a pas subi la fusion, mais en avant on rencontra des lames plates provenant des parties fondues; quelques petites lames étaient collées sur le papier faisant couvercle sur une caisse longue de 1 mètre placée en avant de l'enclume et de la lame de zinc. Si la fusion et la projection en avant de la matière fondue étaient incontestables, il faut bien remarquer qu'une partie très-considérable de la balle était fragmentée sans fusion.

« Pour m'assurer de ce qui se passait réellement au moment du choc, j'ai tiré des balles de plomb en me plaçant dans une chambre obscure; au moment où la balle frappe l'enclume, il se produit un éclair assez vif jaunâtre, d'où il est permis de conclure que la température des parties qui deviennent visibles doit atteindre plus de 525 degrés, qui est celle du rouge sombre, et peut-être aller à 1,200 degrés C., température qui correspond au jaune ou orangé clair des corps incandescents; observons, toutefois, que cela n'altère en rien nos conclusions, car nous nous trouvons ici en présence d'un fait de la vie ordinaire, quand on se procure du feu par le briquet à silex; les parcelles d'acier détachées sont amenées au jaune clair d'abord par la chaleur développée par le choc, et ensuite par la combustion du fer carburé.

« Ce phénomène se produit, du reste, sur une échelle grandiose quand les projectiles de fonte en coquille, et par conséquent très-dure, traversent ou frappent les plaques de fer des navires. Au moment du choc, il se produit une véritable gerbe de feu d'artifice de plusieurs mètres de surface. Les fragments du projectile sont brûlants, mais le phénomène de l'ignition ne se passe réellement que sur une très-faible quantité de matière comparativement au poids du projectile. Ajoutons que ce phénomène se produit alors que la vitesse du boulet n'atteint pas 350 mètres.

Tir sur le plomb. « La balle de plomb tirée sur une masse de plomb à la vitesse de plus de 300 mètres ne fond pas, elle ne se soude pas au plomb.

« La vitesse diminue-t-elle jusque vers 250 mètres, la balle de plomb se soude réellement plomb sur plomb sur une zone concentrique au centre de l'excavation produite.

« La balle d'alliage fusible animée d'une vitesse de 250 mètres se fixe dans le plomb, se soude dans le creux qu'elle y a produit et se brise en fragments plus ou moins gros adhérents et présentant encore la forme du moule à balle. A la vitesse de 380 mètres, l'excavation produite dans le plomb est très-considérable, la balle en partie fondue adhère; de gros fragments offrant encore les contours arrondis du moule vers l'extérieur et des arêtes comme qui dirait cristallines sont adhérents à de la matière qui paraît avoir été partiellement fondue.

Tir sur du bois. « Les balles de plomb qui pénètrent dans le bois parallèlement ou perpendiculairement aux fibres, lorsqu'elles sont animées de vitesses comprises entre 80 et 400 mètres par seconde, se déforment plus ou moins, parfois même elles ne se déforment que très-peu aux grandes vitesses, mais perdent une faible quantité de leur poids; jamais je n'ai vu des phénomènes de fusion bien caractérisés.

« La balle d'alliage fusible, au contraire, offre, dans ces cas, de légères traces évidentes de fusion si sa vitesse est d'environ 250 mètres; elle pénètre perpendiculairement aux fibres d'environ 0^{m},05 sans se déformer sensiblement dans des bois durs. J'en ai vu une

PROJECTILES.

animée de 400 mètres de vitesse traverser 0m,085 de chêne dur, s'aplatir sur le mur sur lequel le bloc de bois était appuyé, y pénétrer en partie et retrouver plus du tiers de la balle en fragments ne présentant pas de trace de fusion; or nous avons vu qu'à cette vitesse le projectile fondu entièrement aurait une surchauffe de 290 degrés C. ou une température de 385 degrés C.; si la fusion n'est pas entière, c'est parce que la balle a *blessé* et *travaillé*.

« Les balles qui pénètrent dans les bois tendres et parallèlement aux fibres donnent lieu à une série d'observations analogues.

« Dans les nombreux tirs exécutés, la pénétration des balles de plomb a varié de 0m,005 à 0m,2000.

« Je crois que peu d'os de l'économie offrent à la balle une résistance aussi considérable que celle d'un bloc de chêne dur frappé perpendiculairement aux fibres du bois. »

Tir sur des calcaires durs. Abstraction faite d'un phénomène particulier qui se produit au point d'impact avec les balles de plomb animées de vitesses de 80 à 380 mètres, nous dirons brièvement que les lames s'aplatissent, se brisent, se transforment en lames amincies à surface ondulée; la pierre est plus ou moins brisée. Couvre-t-on la pierre d'une feuille de papier blanc, celle-ci est déchirée si la balle a une vitesse de 380 mètres, mais il ne change nullement de couleur, c'est-à-dire n'atteint pas 325°.

Une balle d'alliage fusible atteint-elle la même pierre avec la même vitesse, la balle est pulvérisée en fragments irréguliers non arrondis, n'ayant pas subi la fusion; à peine trouve-t-on quelques traces de fusion sur de très-rares fragments.

Tir sur des calcaires tendres. A 250 mètres de vitesse, la balle de plomb produit une large blessure, mais souvent elle rebondit vers le tireur; en la touchant de suite, on s'aperçoit qu'elle est chaude, mais non brûlante.

A la vitesse de 380 à 400 mètres, elle ne perd rien de son poids; elle présente, à ces vitesses, une déformation remarquable en ce sens que, plus ou moins aplatie, sa surface est creusée de rugosités bizarres qui présentent la forme exagérée de balles que l'on aurait *mâchées* avec des dents aiguës.

Tir dans les papiers. « Ces expériences ont été extrêmement variées et leur description nous entraînerait trop loin; je pense cependant qu'il est bon de noter les quelques faits suivants. Les balles de plomb animées de vitesses de 3 ou 400 mètres étant lancées normalement aux feuilles de gros livres appuyés sur des murs présentent les déformations les plus bizarres et sont souvent fragmentées en lames assez grandes et aplaties, comme si elles avaient été laminées, mais elles présentent cette surface ondulée sur laquelle j'ai déjà appelé l'attention; parfois elles sont tourmentées de la façon la plus bizarre, certains fragments sont très-brillants par suite de leur frottement sur les déchirures du papier; les brins de papier qui adhèrent parfois très-fortement à la balle ne m'ont jamais offert la moindre coloration rappelant l'effet d'une chaleur comme celle que leur communiquerait du plomb fondu. On retrouve, à très-peu de chose près, le poids de la balle en fragments de plomb dans l'intérieur du livre, même lorsque celle-ci, avant de pénétrer, a d'abord frappé et traversé une lame de fonte de 0m,003 à 0m,004 ou une lame de tôle de fer appuyées sur le livre; or, les boutons de l'habit militaire sont loin, en général, d'offrir la résistance des tôles de fer que j'ai souvent employées et même des lames de fonte; les os plats avec les chairs ne me paraissent pas non plus offrir la résistance des livres que j'ai employés.

« Les mêmes expériences faites en plaçant sur le livre les os les plus forts de l'économie du cheval ne m'ont jamais, aux vitesses les plus grandes, offert des traces manifestes de fusion; elles ne perdent qu'une petite fraction de leur poids; souvent, dans ces cas, les petits fragments de plomb sont mélangés avec de la véritable poussière d'os, que l'os soit naturel et humide ou desséché.

« En tirant sur un livre appuyé, mais non garni de lames métalliques ou d'os avec des balles animées de vitesses de 300 ou de 400 mètres, on produit, dans le papier, des excavations plus ou moins coniques remplies de menus fragments de papier; au delà il y a des déchirures très-considérables dans le livre, mais le papier adhère; il est fortement comprimé dans le prolongement du trajet de la balle; la profondeur de la cavité, remplie de papier déchiré et déchiqueté, dépend de la vitesse, elle atteint peut-être jusque 0m,07 ou 0m08 et plus avec des balles marchant à la vitesse de 400 mètres environ; les déchirures simples et les impressions dépassent ce creux d'une quantité pareille. La balle de plomb animée d'une vitesse inférieure à 300 mètres pénétrant dans un livre y produit une déchirure conique, la base du cône étant opposée à l'entrée; on peut très-aisément détacher toutes ces feuilles pressées et obtenir un cône de feuilles superposées, cône d'une régularité presque mathématique, et dont l'enlèvement produit un creux conique parfait aussi. La hauteur et la base du cône augmentent avec la vitesse jusqu'à ce que celle-ci atteigne environ 250 mètres; avec des vitesses plus considérables le papier qui aurait dû produire les cônes est broyé, déchiré et, parfois, comme qui dirait pulvérisé.

« Mais la balle offre une déformation bien extraordinaire depuis les vitesses faibles jusque 250 mètres environ. En effet, elle est plus ou moins aplatie, son diamètre peut varier du simple au double, elle est creusée du côté qui a frappé; ses bords semblent avoir marché en avant, tandis que le centre est resté en arrière et présente un renflement qui conserve encore la forme sphérique du projectile. Toutes les coupes passant par le centre de figure d'un projectile déformé de cette façon, vues perpendiculairement à la trajectoire, se montrent sous la forme d'un croissant plus ou moins régulier, mais renflé entre les cornes; ce renflement, en général assez régulièrement sphérique, correspond aux points qui, les premiers, ont dû toucher l'obstacle. »

Nous essayerons de compléter l'analyse mécanique des phénomènes qui peut, il nous semble, rendre parfaitement compte des faits observés. Les explications dans lesquelles on tient compte seulement d'effets physiques, calorifiques, sont insuffisantes; c'est à ce résultat qu'arrive le savant M. Hirn en cherchant à analyser les faits constatés par M. Melsens.

« Dans les équations, dit-il, à l'aide desquelles nous déterminons f (la température finale qu'il trouve égale à 763 degrés ou 1,423 degrés pour des vitesses de 500 mètres et 650 mètres), on admet implicitement que toutes les parties du mobile perdent, en même temps et d'un seul coup, leur vitesse de translation. Or ceci n'a pas lieu en réalité. Si courte que soit la durée du choc d'une balle contre une masse de fonte, elle est bien loin d'être nulle, et, de plus, elle varie nécessairement d'un point à l'autre du mobile.

« Tandis que les parties antérieures, celles qui touchent l'obstacle, sont arrêtées presque instantanément, celles qui se trouvent à l'arrière se refoulent les unes les autres et très-différemment, selon leur position relative. Il suit de là que la température due au choc, bien loin d'être uniforme et égale à f dans tout le projectile, doit y varier énormément, et, tandis que certaines parties sont portées bien au-dessus du point de fusion, sont peut-être vaporisées, d'autres, au contraire, doivent rester relativement froides. »

Ceci est parfaitement exact, mais l'explication est

incomplète; s'il est bien admissible que, pour la partie antérieure de la balle brusquement arrêtée par l'obstacle inébranlable, la force vive se convertit en chaleur, il est bien certain que les molécules situées en arrière, glissant les unes sur les autres, rompant leurs adhérences moléculaires, consomment ainsi une autre partie de la force vive ; mais cette explication est-elle suffisante, quelle que soit la vitesse de la balle? Évidemment non, car les quantités de travail résistant dont il vient d'être parlé sont limitées et ne peuvent augmenter beaucoup quand la vitesse de la balle devient extrêmement grande. Pour obtenir une explication intégrale, il faut compléter l'étude des effets du refoulement dont parle M. Hirn, tenir grand compte des projections sur la feuille de zinc qui doivent attirer l'attention, non moins que les déformations dont M. Melsens a signalé toute l'importance.

Lorsque la partie antérieure de la balle est arrêtée par l'obstacle inébranlable, la partie postérieure, continuant son mouvement, vient exercer une pression croissante sur les portions situées en avant et arrêtées les premières. De la compression, croissante en raison de la vitesse, résultent nécessairement bientôt pour un corps plastique dont les molécules adhèrent faiblement entre elles, pour le tir à grande vitesse sur un corps dur, une projection de molécules désagrégées le long de la surface de l'obstacle, de fragments moléculaires animés d'une grande vitesse; pour le tir sur un corps mou comme le papier, des glissements intérieurs, des déformations qui ont produit des formes si curieuses dans les expériences de M. Melsens.

Cette explication mécanique des phénomènes, qui montre comment la majeure partie de la force vive de la balle ne prend pas une forme calorifique, nous paraît rendre parfaitement compte de faits qu'il n'est pas possible autrement de bien analyser. Toutes les fragmentations de la balle à la rencontre de corps résistants, les glissements, les déformations en raison des résistances rencontrées, s'expliquent aisément. Ce qui en démontre pleinement la vérité, c'est qu'on rencontre des faits semblables, produits par des causes analogues, dans les mouvements des liquides, dans les gerbes verticales d'eau produites le long d'un mur de quai, par les oscillations horizontales des vagues de la mer, effets dont j'ai donné depuis longtemps l'explication ci-dessus dans le Dictionnaire (art. *Résistance des fluides*). Une semblable gerbe verticale se voit, par exemple, le long de l'avant d'un bateau à vapeur qui s'avance rapidement. N'est-il pas évident que cette gerbe naît de la pression du taille-mer du bateau, sur du liquide qui résiste assez, par inertie, pour que la pression génératrice de cette gerbe (en raison de la forme du taille-mer et de la vitesse du bateau) prenne naissance?

FABRICATION DES PROJECTILES.

Les boulets se coulent dans des moules en sable vert formés de deux pièces. Aussitôt que le jet est solidifié, c'est-à-dire environ 2 minutes après la coulée de 24 et de 16; 1 minute 1/2 pour ceux de 12; et 1 minute pour ceux de 8 et de 4, on retourne les châssis sens dessus dessous, le jet en bas, pour prévenir l'*avalement* que les vapeurs dégagées et le retrait du métal formeraient au sommet du projectile, et pour ramener la soufflure vers le centre. On démoule environ deux heures après la coulée : les boulets étant refroidis, l'ébarbeur les dégage du sable qui les enveloppait encore; il casse les jets, puis il place les boulets dans une coquille pour enlever la coulée et les coutures avec un marteau tranchant, et les rabattre avec le marteau à main. Il passe quelques boulets aux lunettes, afin de signaler les défauts aux mouleurs, qui serrent plus ou moins le sable, selon que les boulets sont trop gros ou trop petits. Enfin, on polit la surface des boulets en les portant au rouge plus ou moins vif suivant la qualité de la fonte, puis les battant sous un marteau, armé ainsi que son enclume d'étampes en fonte dure et trempée, creusées en segments de cercle d'un rayon un peu supérieur à celui des boulets à rebattre et dont la flèche est environ 1/10 de leur diamètre. On fait tomber sur le boulet un petit filet d'eau pendant le rebattage. Cette opération sert en outre d'épreuve, le choc faisant casser les projectiles d'une mauvaise fonte, et mettant à découvert les soufflures peu éloignées de la surface.

Les projectiles creux, les bombes et obus se moulent en sable vert avec noyaux en terre ou en sable séché, ils sont coulés, les noyaux suspendus. On retourne aussi généralement les châssis comme dans le moulage des boulets. On y fixe aux bombes des anneaux en les engageant dans le moule avant la coulée; ces anneaux servent à les transporter. Les projectiles creux ne sont pas rebattus ; on se contente de les ébarber, de les limer et d'en aléser l'*œil* avec un alésoir pyramidal à quatre faces.

Obus oblongs de l'artillerie. — Nous empruntons à un intéressant Mémoire de M. Jordan la description de la fonte de ces projectiles de forme cylindro-ogivale. Ce sont des solides de révolution, qui ont un culot aplati se raccordant avec la partie cylindrique, au moyen d'un faible congé, et une pointe tantôt ogivale tangente à la génératrice du cylindre, tantôt parabolique et faisant un certain angle avec ces génératrices, comme dans le projectile de 24. La pointe est toujours tronquée autour de la lumière. Le vide intérieur est tel, que l'épaisseur du métal est beaucoup plus considérable à la pointe, ce qui assure la stabilité du projectile et lui donne une plus grande pénétration ; au culot le vide intérieur est concave, de façon que ce culot puisse se briser en plusieurs morceaux. Ces obus oblongs sont guidés au moyen de douze tenons ou *ailettes* en zinc laminé, placés deux à deux sur chacune des six lignes inclinées cor-

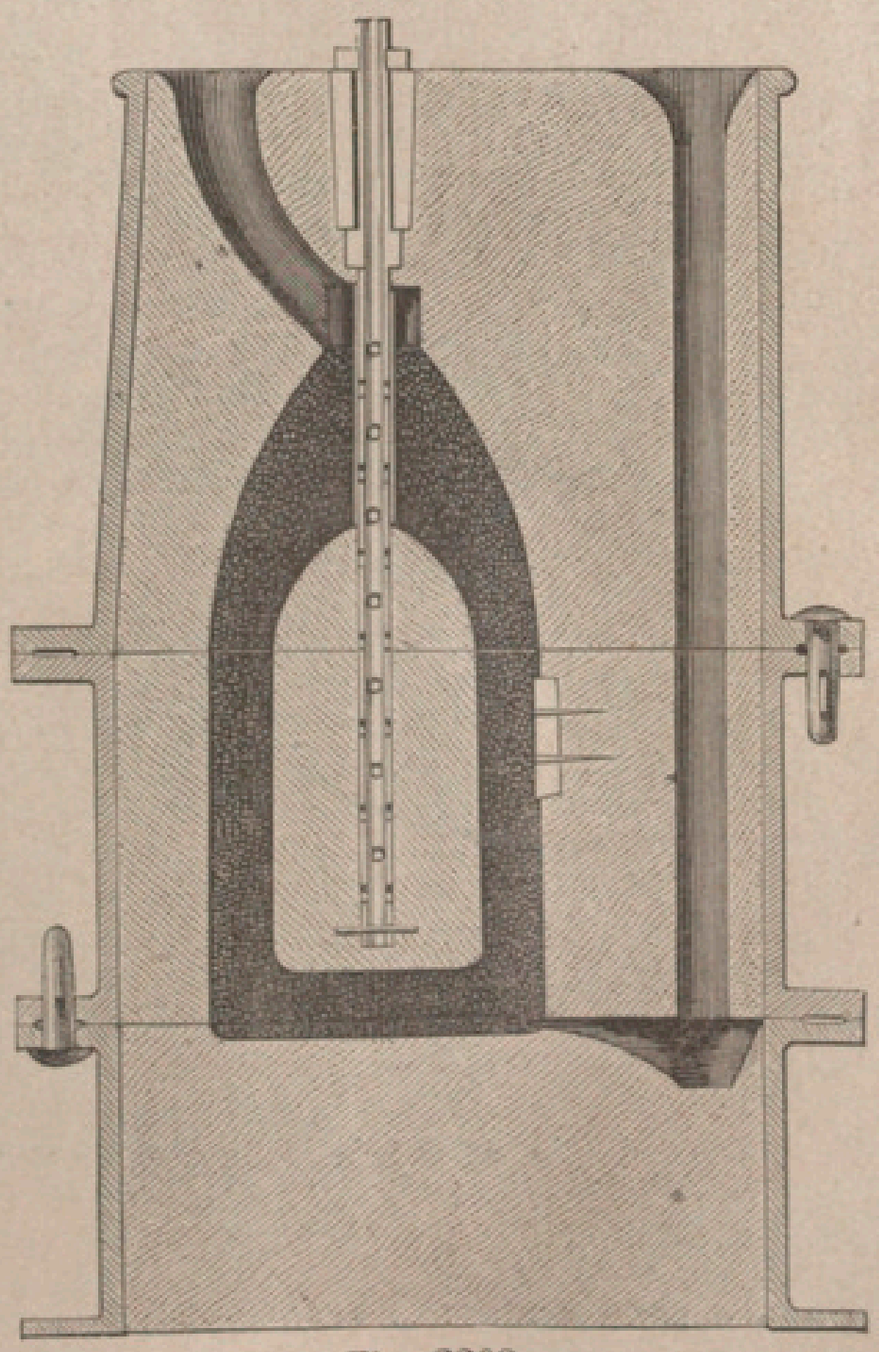


Fig. 2208.

PROJECTILES.

respondant aux six rayures du canon (Voyez BOULETS TOURNANTS. *Complément*). Sur le projectile venu de fonte, il existe douze logements circulaires à fond plus large que l'entrée pour retenir le talon des ailettes (fig. 2208). Autrefois, on moulait le projectile sans ces douze évidements; maintenant on les fait venir de fonte. On emploie pour cela le procédé de moulage suivant. Le châssis est en 4 parties : la partie inférieure pour la pointe, les deux intermédiaires pour le corps cylindrique de l'obus, la partie supérieure pour le culot. Le modèle, assez compliqué d'apparence, se décompose pendant le travail en huit anneaux ou rondelles. Il se place dans le châssis avec les noyaux déjà mis dans les endroits du modèle correspondant aux alvéoles ; par le foulage du sable, ces noyaux se raccordent avec le moule; et en démoulant, à l'aide des pièces mobiles du modèle, ils restent en place. Le noyau d'évidement se fait avec une lanterne en fer creux, aussi au moyen d'une boîte à noyaux, où l'on foule le sable : on le sèche soigneusement à l'étuve et on l'enduit au noir. Le remoulage se fait en ayant soin de bien centrer le noyau. La coulée se fait en source, le projectile étant placé debout avec la lumière en haut. Aussitôt le métal solidifié, on déballe le projectile et on extrait la lanterne avec un tourne-à-gauche. Ensuite le projectile passe à l'atelier de finissage ; là on le désable, soit à la main avec des râpes en fonte, soit avec des brosses mécaniques rotatives en fil de fer ; on l'ébarbe au marteau à main. Le martelage détache le sable à l'intérieur et prépare le débourrage. On aplatit les bavures en martelant l'obus qui est placé dans un tas en fonte ayant deux logements, un demi-cylindrique et un demi-ogival. On débourre avec un crochet. On burine la bavure du culot s'il y a lieu ; on nettoie avec un outil spécial l'angle rentrant des alvéoles.

Alors vient la première réception : passage aux lunettes, vérification de l'épaisseur du culot, vérification de l'épaisseur des parois latérales, vérification de l'inclinaison des alvéoles. Puis l'alésage du trou de chargement avec un alésoir vertical. Puis le taraudage avec une machine à tarauder horizontale ou à la main. On ne plane pas l'about qui, restant brut, se rouille moins vite.

Après quoi vient la pose des ailettes en zinc laminé embouti, à la main et au marteau ; puis l'estampage des ailettes, au moyen d'une sorte de poinçonneuse, ou bien au marteau. L'obus se trouve alors fini et passe à la 2e réception : passage dans une lunette ou dans un tube rayé, au minimum de diamètre; vérification de l'alésage avec une mère.

Obus oblongs prussiens. — Tous les obus prussiens pour canons rayés sont à culot plat et présentent un corps cylindrique que surmontent d'abord une étroite zone tronconique, puis une pointe dont le profil varie un peu, mais qui est, pour l'artillerie de campagne, un ellipsoïde tronqué. Ces trois parties se succèdent d'ailleurs sans ressaut. Le corps cylindrique est formé en bas par le pourtour extérieur du culot ; puis, sur le reste de la hauteur, par l'enveloppe en métal mou. Celle-ci porte un certain nombre de bourrelets saillants, en forme de bandes cylindriques, chanfreinées sur les angles ; ce nombre varie suivant le calibre (c'est généralement 4 ou 5). Le premier bourrelet vers la pointe commence à la naissance même du cylindre ; le dernier, plus large que les autres, affleure le pourtour du culot. L'enveloppe en métal mou se prolonge, au-dessus de la partie cylindrique du projectile, sur la partie tronconique, qui, dans le chargement, vient occuper le raccordement conique de l'âme. Le premier bourrelet se trouve ainsi porter contre l'entrée des rayures.

Le projectile, pour les canons de campagne, est formé d'un noyau en fonte et d'une enveloppe épaisse en plomb. Le noyau, d'un diamètre inférieur à celui de la bouche à feu, présente sur la partie cylindrique une sorte de mortaise destinée à recevoir l'enveloppe de plomb, et sur le fond de laquelle se détachent des bourrelets intérieurs venus de fonte, qui répondent aux bourrelets extérieurs de l'enveloppe, leur servent d'ossature et donnent plus d'adhérence au plomb dans le sens de la longueur de l'obus. Les quatre bourrelets supérieurs sont interrompus en quatre points diamétralement opposés, de manière à offrir des ressauts qui empêchent le plomb de tourner sur la fonte. La pointe ou tête ellipsoïde est percée d'un trou taraudé pour la fusée et d'une ouverture latérale pour la broche du percuteur.

Par suite de leur forme, ces obus se moulent en deux châssis, le joint se trouvant dans un plan diamétral. Pour revêtir le noyau de son enveloppe, on se sert d'un moule formé de deux coquilles demi-cylindriques assemblées à charnière. On place le projectile, debout sur son culot, au centre de ce moule, après l'avoir préalablement décapé et chauffé ; on referme le moule et on verse le plomb par un trou de coulée.

Pour les schrapnels (obus à balle) de l'artillerie de place et de siége, comme pour les obus de la marine, on emploie des enveloppes minces soudées. Celles-ci, non-seulement réduisent la perte de force vive du projectile lorsqu'il rencontre le mur ou la plaque de blindage, mais en même temps permettent d'augmenter le diamètre. On peut ainsi construire un projectile plus résistant et avec un vide plus considérable, ce qui augmente les effets d'éclatement.

Voici comment s'obtient l'adhérence de l'enveloppe mince en plomb sur le corps du projectile.

On réduit sur le tour, de 1, 5 à 3 millim. au-dessous du calibre, le diamètre de la partie cylindrique destinée à recevoir l'enveloppe (le moulage serait plus économique); on chauffe ensuite le projectile au violet dans un bain de plomb, on décape sa surface, en le plongeant dans une solution saturée de sel ammoniac à la température ordinaire, d'où il est retiré dès qu'il est couvert d'une couche blanche argentine. La couleur grisâtre de cette couche indiquerait que le projectile a été trop chauffé. On trempe alors pendant 5 minutes, pour galvaniser, le projectile dans un bain de zinc allié à l'antimoine et porté à 480° centigrades (le point de fusion est 300°) ; puis on le plonge immédiatement et pendant une minute, afin de l'empêcher de s'oxyder, dans un bain de plomb fondu allié au zinc ou à l'étain pour le rendre plus dur. Le projectile est ensuite placé dans un moule d'un diamètre supérieur au sien, et on coule aussitôt du plomb du second bain dans le vide annulaire; quand le plomb est refroidi, l'excès du métal est enlevé sur le tour et le projectile est aisément amené à son profil et à son diamètre réglementaires.

Il est nécessaire d'exécuter le plus rapidement possible les opérations relatives au bain du projectile dans le plomb fondu et au coulage de ce métal autour de la partie cylindrique du projectile, afin d'éviter l'oxydation du zinc qui empêcherait l'adhérence du plomb sur le projectile.

La France a jusqu'à présent employé des enveloppes minces soudées, seulement pour des systèmes de projectiles à l'essai (7 et 8 de campagne, 24 de place).

Le plus petit projectile prussien à enveloppe épaisse de plomb est l'obus ordinaire de 4 de campagne, qui pèse, vide, 4k,250 avec un calibre de 78,5 millimètres ; le plus gros est celui de 24 de siége qui pèse, vide, 27k,150, avec un calibre de 148,1 millimètres (diamètre de l'âme lisse, sans compter la profondeur des rayures).

Le plus petit projectile prussien à enveloppe mince est l'obus à balles, ou schrapnel, de 6, qui pèse, vide, 6k,900 ou 7k,900 avec un calibre de 91,5 millimètres. Le plus gros, il y a un an, était l'obus marine de 96 pesant 153 kilogrammes, avec un calibre de 235,4 milli-

mètres; mais on avait adopté et on doit avoir construit des calibres de 254 millimètres et 279,4 millimètres, qui comportent des obus de 185 et 225 kilogrammes.

PROJECTIONS. — CARTES. Les cartes géographiques ont pour objet de représenter sur une surface plane la surface du sphéroïde terrestre. Quel que soit le procédé qu'on emploie pour arriver à ce résultat, il consiste toujours à tracer d'abord des lignes qui représentent les méridiens et les parallèles. Un point quelconque de la terre étant, en effet, déterminé par la rencontre d'un méridien et d'un parallèle, si l'on sait construire ces lignes on pourra placer sur la carte autant de points qu'on voudra. Ordinairement, dans la construction des cartes, la terre est supposée sphérique. L'ensemble des méridiens et des parallèles tracés sur une surface plane s'appelle une projection. On distingue plusieurs espèces de projections, et le choix de celle qu'on emploie dépend de l'usage que l'on doit faire des cartes et aussi de la position sur la surface terrestre des pays qui doivent être représentés. Les principales sont:

La projection orthographique;
La projection stéréographique;
Le développement conique;
La projection de Flamsteed;
La projection homalographique;
La projection employée pour les cartes marines.

PROJECTION ORTHOGRAPHIQUE. Dans ce système, les points de la surface terrestre sont représentés par les pieds des perpendiculaires abaissées de ces points sur un même plan. On prend ordinairement pour ce plan celui d'un méridien. L'équateur et les parallèles

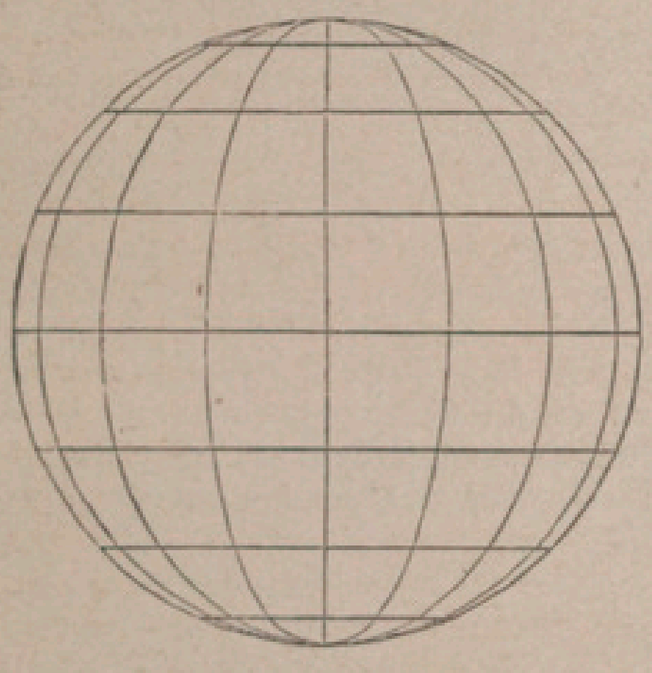


Fig. 1.

(fig. 1) s'y projettent par conséquent suivant des lignes droites, et les méridiens suivant des ellipses qui ont toutes pour grand axe la ligne des pôles. Il est facile de voir que le demi-petit axe de chacune de ces courbes a pour valeur le cosinus de la longitude du méridien projeté, comptée à partir du plan de projection. Connaissant les deux axes des ellipses, on pourra tracer ces courbes qui, du reste, peuvent être aussi construites par points.

Si le plan de projection, au lieu d'être celui d'un méridien, était celui de l'équateur, tous les méridiens seraient en projection des rayons de l'équateur et les parallèles, des cercles concentriques; mais on fait peu usage de cette projection, qui déforme la partie voisine de l'équateur, c'est-à-dire celle qu'il importe le plus de représenter exactement.

La projection orthographique s'emploie pour représenter le globe terrestre tout entier en deux figures, dont l'ensemble s'appelle *mappemonde*; elle est cependant moins usitée que celle dont nous allons parler.

PROJECTION STÉRÉOGRAPHIQUE. Cette projection n'est autre chose qu'une perspective sur le plan d'un grand cercle, l'œil étant supposé placé sur la sphère à l'un des pôles de ce grand cercle. Elle jouit des propriétés suivantes:

1° Tout cercle tracé sur la sphère se projette suivant un cercle;

2° Les projections de deux cercles se coupent sous un angle égal à celui des deux cercles;

3° Le centre de la projection d'un cercle est la projection du sommet du cône circonscrit à la sphère suivant ce cercle (lorsqu'il s'agit d'un grand cercle, le cône circonscrit devient un cylindre; le centre de la projection se trouve alors en menant par l'œil une parallèle aux arêtes du cylindre, qui rencontre le plan de projection au point cherché).

Ces trois propriétés servent à la construction des cartes.

Dans le système stéréographique la position de l'œil peut donner lieu à trois sortes de cartes, suivant qu'il est placé au pôle ou sur l'équateur, ou en un point quelconque d'un méridien. Ces trois sortes de projections portent des noms différents; elles s'appellent projection polaire, projection sur le méridien et projection sur l'horizon.

Projection polaire. Dans ce premier cas, le plan de projection est celui de l'équateur; les méridiens sont représentés par des rayons de l'équateur et les parallèles par des cercles concentriques. Le pôle opposé à celui où est l'œil s'appelle le *point central* de la carte. Cette projection est très-peu usitée à cause de la déformation que subissent les parties voisines de l'équateur.

Projection sur le méridien. C'est celle qu'on emploie ordinairement pour construire les mappemondes: l'œil est placé sur l'équateur au centre des régions qu'il importe le plus de ne pas déformer, tant dans l'un que dans l'autre hémisphère. La projection se fait sur le plan du méridien perpendiculaire au diamètre passant par l'œil, et en plaçant successivement l'œil aux deux extrémités de ce diamètre on obtient sur le même plan la représentation des deux hémisphères (fig. 2).

Les méridiens et les parallèles sont représentés les uns et les autres par des cercles dont on détermine les centres en vertu de la troisième propriété des projections stéréographiques.

L'équateur et le méridien sur lequel se trouve l'œil, et qu'on appelle méridien moyen, se projettent suivant des lignes droites perpendiculaires entre elles.

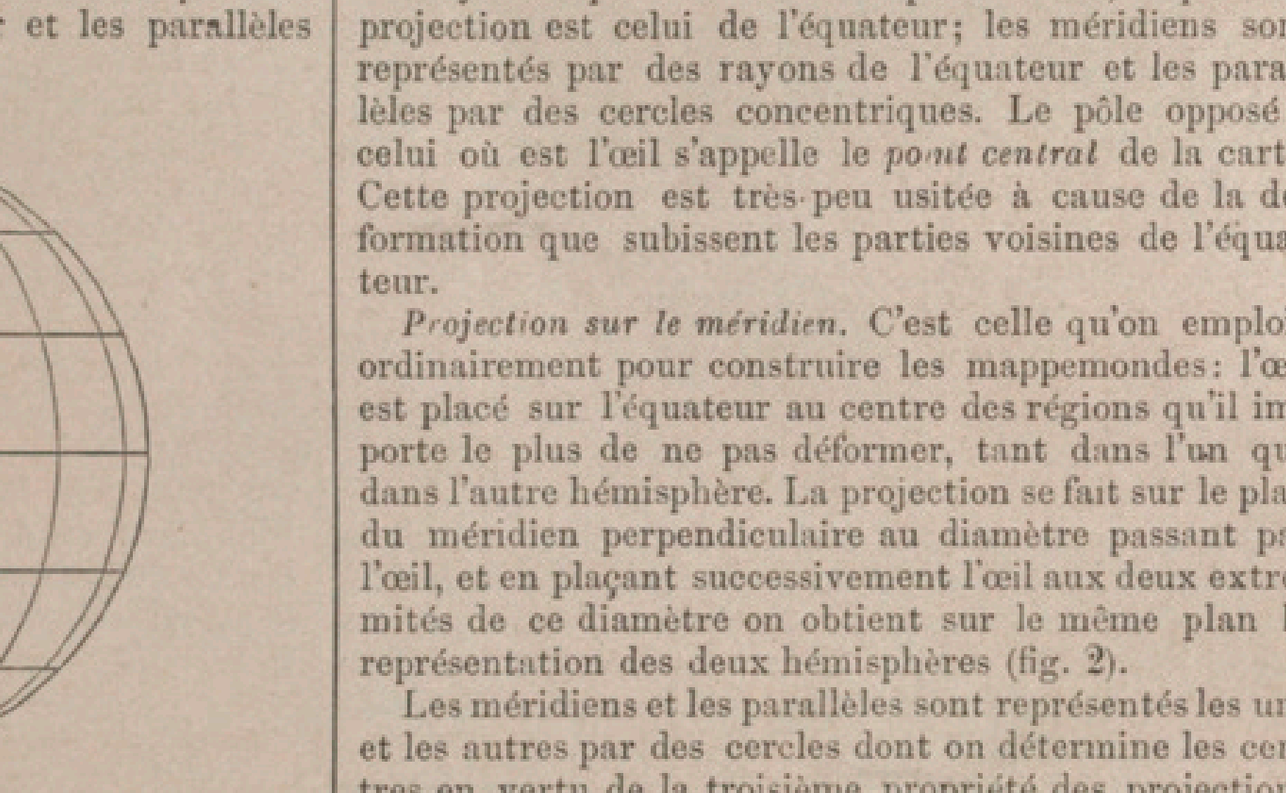


Fig. 2.

Projection sur l'horizon. Cette projection est ainsi appelée parce que, l'œil étant placé en un point quel-

PROJECTIONS.

conque de la terre, le plan de projection est celui d'un grand cercle perpendiculaire à la verticale du lieu, dont ce grand cercle n'est autre chose que l'horizon rationnel. Les méridiens et les parallèles se projettent encore dans ce cas suivant des cercles: le méridien et le grand cercle qui passent par la verticale du lieu se projettent suivant des lignes droites.

Le système stéréographique a l'avantage de représenter par une figure semblable toute figure de petite dimension prise sur la surface de la terre. Cela résulte de la seconde des trois propriétés que nous avons énoncées plus haut; car si la portion de la surface sphérique que l'on considère est assez petite pour pouvoir être regardée comme plane, on peut la décomposer en triangles

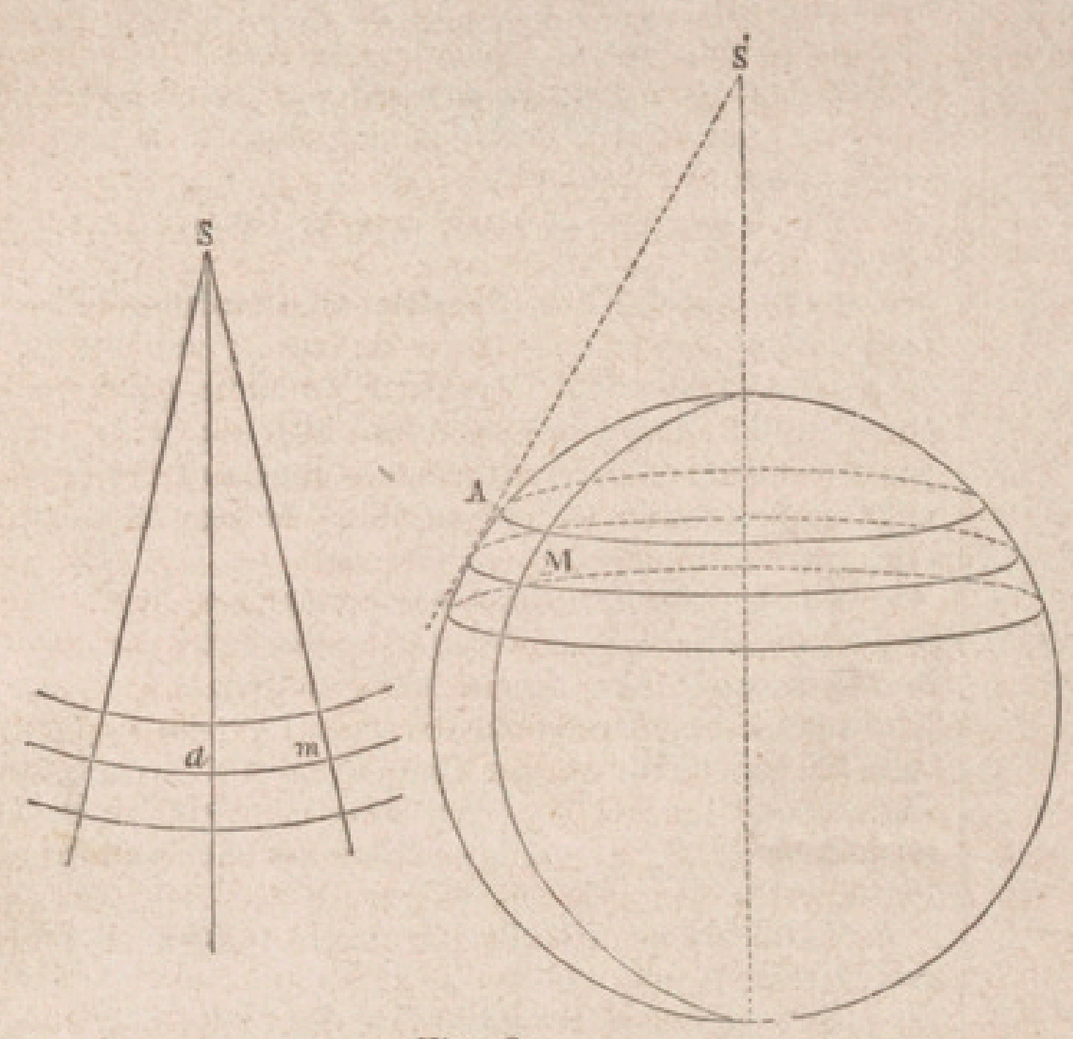


Fig. 3.

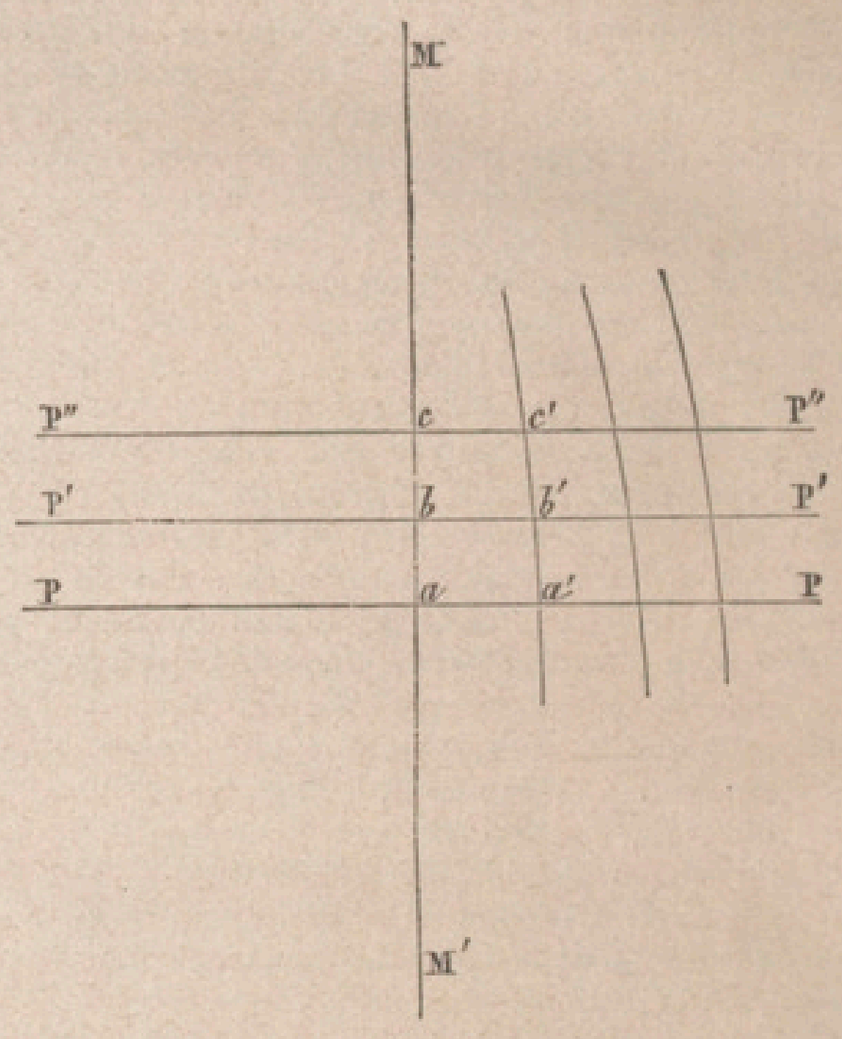


Fig. 4.

dont les angles seront égaux sur la sphère et sur la projection, et qui seront par conséquent semblables. La projection stéréographique ne déforme donc pas les figures de petite dimension, mais les rapports dans lesquels ces figures sont réduites changent avec leur position sur l'hémisphère.

DÉVELOPPEMENT CONIQUE. Dans ce système qui ne peut représenter que des parties peu étendues de la surface terrestre comprises entre deux parallèles voisins l'un de l'autre, on imagine un cône circonscrit à la terre (fig. 3), suivant le parallèle qui tient le milieu entre les deux que l'on considère; on suppose que la surface conique se confond avec la surface de la sphère dans la zone comprise entre les deux parallèles extrêmes.

Si l'on développe ce cône sur un plan, il deviendra un secteur circulaire, dont les rayons représenteront les méridiens, tandis que les parallèles seront représentés par des cercles concentriques.

DÉVELOPPEMENT DE FLAMSTEED. Le développement de Flamsteed n'est employé, comme le développement conique, que pour représenter des portions restreintes de la surface de la terre. On a cherché surtout dans ce système à conserver aux surfaces figurées sur le développement la même valeur en étendue que sur la sphère. Concevons les parallèles représentés par des lignes droites PP, P'P', P"P", parallèles et équidistantes (fig. 4); une perpendiculaire MM' à ces lignes représente le méridien moyen: si, à partir des points *a*, *b*, *c*..., on porte sur les parallèles des longueurs *aa' bb' cc'*... respectivement égales aux arcs compris sur la sphère entre le méridien moyen et celui qu'on veut représenter, en joignant par une courbe les points *a'*, *b'*, *c'*..., on aura le méridien développé; les autres méridiens se construisent de la même manière. Il est facile de voir, d'après cette construction, que les aires de petite étendue ont la même expression sur le développement et sur la sphère.

Ce système a l'inconvénient d'altérer la configuration des parties éloignées du méridien et du parallèle moyens, parce que les méridiens y deviennent très-obliques aux parallèles, au lieu de leur être perpendiculaires comme sur la sphère.

Pour la construction de la carte de France on a adopté un système qui a pris le nom du développement de Flamsteed modifié, et qui tient du développement de Flamsteed et du développement conique. Aux lignes droites du système précédent qui représentent les parallèles, on substitue des cercles concentriques (fig. 5),

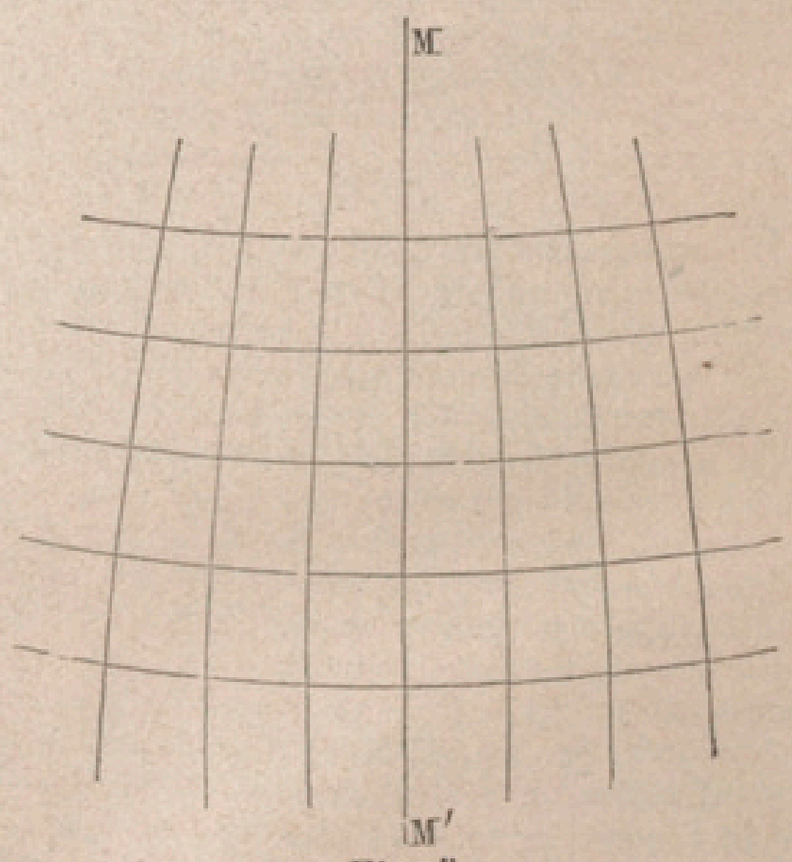


Fig. 5

construits de la même manière que dans le développement conique. Les méridiens se tracent par points sur les cercles, en employant le même procédé que dans le développement de Flamsteed. Les méridiens et les parallèles se coupent ainsi à peu près à angle droit dans toute

l'étendue de la carte. Les figures sont donc très-peu déformées, en même temps que l'égalité des surfaces est conservée.

PROJECTION HOMALOGRAPHIQUE. Babinet a imaginé une nouvelle projection à laquelle il a donné le nom d'homalographique (ὁμαλός, régulier) et qui jouit de la propriété, ainsi que son nom l'indique, de ne pas altérer sensiblement les superficies relatives des diverses parties de la surface terrestre. Le développement de Flamsteed présente le même avantage; mais il ne peut être employé que dans des cartes de peu d'étendue, tandis que la projection homalographique peut s'appliquer au globe tout entier. Dans ce système, la projection se fait sur un méridien, lequel est représenté par un cercle; concevons l'hémisphère dont ce méridien est la base partagé par des méridiens en un certain nombre de fuseaux d'égale grandeur; divisons la ligne droite EE' qui

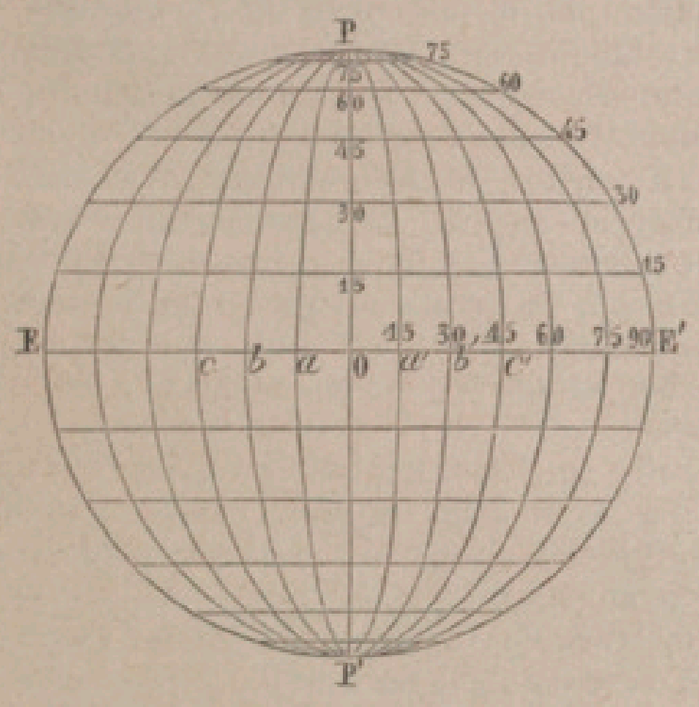


Fig. 6.

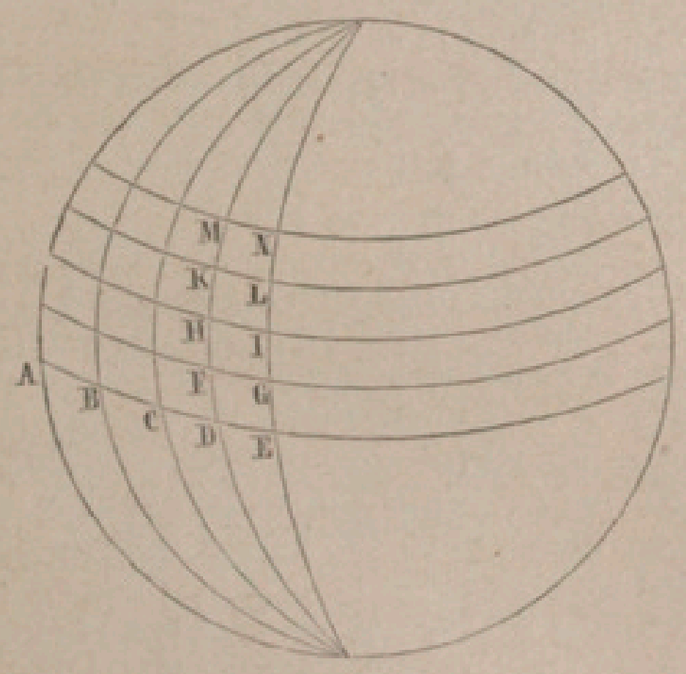
représente l'équateur (fig. 6) en autant de parties égales $oa, ab, bc, oa', a'b', b'c'$, qu'il y a de fuseaux, et traçons des ellipses qui auront toutes pour grand axe la ligne des pôles PP', et dont les petits axes seront les lignes aa', bb', cc', etc. Ces ellipses représentent les méridiens. On voit aisément qu'elles partagent la surface du cercle de projection en parties d'égale grandeur, en se rappelant l'expression $\pi a b$ de l'aire de l'ellipse, a étant le demi-grand axe, b le demi-petit axe. Les parallèles sont représentés par des lignes droites parallèles espacées d'après la condition que les bandes qu'elles interceptent sur le cercle de projection soient dans le même rapport de surface que les zones interceptées sur la sphère par les parallèles. On peut étendre la projection homalographique à la surface entière de la terre en prolongeant les lignes qui représentent les parallèles et en espaçant les méridiens au dehors comme au dedans de la figure. La carte prend alors la forme d'une ellipse aplatie dont le petit axe est la ligne des pôles. Dans ce planisphère, les rapports de superficie sont conservés, mais les formes des continents sont altérées d'une manière sensible.

CARTES MARINES. Les cartes employées dans la marine sont de deux sortes: les cartes plates et les cartes réduites ou projection de Mercator.

On se sert des premières pour représenter une portion de côte peu considérable, comme un port ou une petite rade. On a recours aux cartes réduites lorsqu'il s'agit d'une côte plus étendue.

Concevons un plan tangent à la surface de la terre, au point central de la localité qu'on veut représenter sur le papier; si cette localité est restreinte, on pourra la considérer comme se confondant dans tous ses points avec le plan tangent. La construction d'une carte plate consistera donc à transporter tout simplement d'un plan sur un autre le figuré du terrain dans des proportions amoindries. Toutes les distances tracées sur la carte conserveront avec les distances correspondantes prises sur le terrain le même rapport. C'est ce rapport que l'on appelle l'échelle du plan. Par exemple, si un mètre sur le plan représente 10,000 mètres sur le terrain, on dira que le plan est à l'échelle de 1/10,000.

Le plan tangent au sphéroïde terrestre ne peut être considéré comme se confondant avec lui que pour une surface très-restreinte. Il faut donc abandonner le système des cartes plates lorsqu'on veut lever une portion de terrain un peu étendue. C'est alors qu'on a recours à la projection de Mercator ou carte réduite. Représentons-nous (fig. 7) un grand nombre de méridiens et de parallèles tracés sur la sphère terrestre, de minute en minute, par exemple; la surface de la terre sera ainsi divisée en un grand nombre de petits quadrilatères dont les côtés seront des arcs de ces méridiens et de ces parallèles. Les méridiens, à partir de l'équateur, vont en



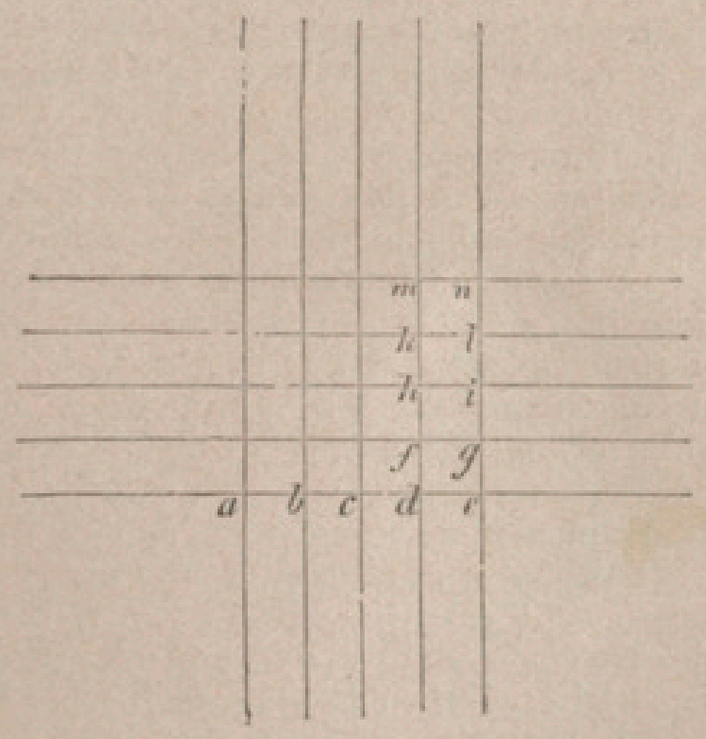


Fig. 7.

convergeant vers les pôles pour s'y réunir, tandis que tous les parallèles sont équidistants. Si nous considérons la série de quadrilatères comprise entre deux méridiens successifs, les bases formées par les arcs des parallèles sont près de l'équateur égales aux hauteurs qui mesurent sur les méridiens la distance de deux parallèles successifs. Mais à mesure qu'on se rapproche du pôle, le rapport entre la hauteur et la base devient plus grand; au pôle ce rapport devient infiniment grand.

Concevons maintenant qu'on représente sur le papier les méridiens par des lignes droites toutes parallèles entre elles, et dont les distances respectives soient les

mêmes que celles des méridiens comptées sur l'équateur, l'équateur et les parallèles par d'autres lignes droites perpendiculaires aux premières. Les quadrilatères curvilignes deviendront des rectangles dont toutes les bases seront égales.

Il reste dans cette projection à fixer les distances respectives des parallèles entre eux; on détermine ces distances d'après la condition que la proportion entre la hauteur et la base des quadrilatères soit la même sur la projection que sur la sphère. Cette condition ne peut être remplie qu'en augmentant la distance qui sépare deux parallèles consécutifs à mesure qu'on se rapproche du pôle, où cette distance devra être infiniment grande pour que le rapport soit conservé; aussi appelle-t-on encore cette projection, projection aux latitudes croissantes; elle jouit de la propriété que deux lignes quelconques tracées sur la carte se coupent sous le même angle que les deux courbes sphériques qu'elles représentent.

Il est facile de comprendre l'utilité pour la marine de ce système de projection Ce qui importe surtout dans le cours d'une navigation, c'est de placer avec facilité sur la carte la position du navire déterminée chaque jour par sa latitude et sa longitude, de voir immédiatement la direction qu'il doit suivre et de faire en sorte que cette direction, une fois donnée, reste la même sous quelque méridien qu'on passe. La carte réduite remplit très-heureusement toutes ces conditions. La position du navire y sera fixée par la rencontre de deux lignes droites perpendiculaires entre elles, l'une parallèle à l'équateur, l'autre aux méridiens, la direction à suivre sera déterminée par l'angle que fait avec le méridien dont la direction est donné par la boussole, la ligne droite qui joint le point où on se trouve à celui où on veut aller. Les méridiens étant représentés par des droites parallèles, l'angle restera le même sur tout le parcours de cette ligne droite, et, d'après la propriété de la projection de Mercator que nous avons énoncée plus haut, cet angle sera égal à celui que fait sur la sphère la route initiale du navire avec le méridien sous lequel il se trouve. De plus, la route du navire coupera sous ce même angle tous les méridiens par lesquels elle passera. Elle décrira ainsi sur la sphère une courbe appelée *loxodromie*.

Toutes les lignes droites tracées sur la carte représenteront donc sur la sphère autant de loxodromies, c'est-à-dire de courbes assujetties à cette condition de couper tous les méridiens sous le même angle. Dans une carte réduite il n'y a plus, à proprement parler, d'échelle, puisqu'une même grandeur, celle de l'arc de méridien d'une minute, par exemple, se trouve représentée, suivant qu'on change de latitude, par une ligne de grandeur différente. L'échelle varie donc constamment en passant d'une latitude à une autre, puisque théoriquement les latitudes sont censées croître sur la carte d'une manière continue. On n'obtient sur la carte la distance de deux points qui y sont projetés que d'une manière imparfaite, mais suffisante pour la navigation, en la mesurant sur le méridien de chaque côté de la latitude moyenne de la ligne droite qui joint les deux points.

Tels sont les deux systèmes de projections sur lesquelles l'hydrographe représente le figuré du terrain et les profondeurs de la mer. BOUTROUX.

PRUSSIATES. Bien qu'à l'article BLEU DE PRUSSE, on ait décrit les principales propriétés et les divers modes de préparation du prussiate jaune de potasse (cyanoferrure de potassium) et du bleu de prusse (composé de cyanure et de cyanide de fer), nous pensons utile de revenir ici sur la préparation du cyanoferrure de potassium, considérée aux points de vue théorique et pratique. L'emploi et partant la fabrication de ces cyanures augmentant tous les jours, plusieurs

PRUSSIATES.

nouveaux procédés de fabrication ayant été proposés plus ou moins récemment, la discussion que nous voulons entreprendre ne peut manquer d'intérêt, et nous n'avons qu'une crainte, celle de rester au-dessus de notre tâche.

Le seul procédé industriel employé jusqu'à présent consistait et consiste encore à soumettre à une température rouge un mélange de potasse, des matières animales calcinées, ou simplement sèches, et un peu de rognures de fer. M. Dumas (*Traité de Chimie*, tome VII, page 657) dit qu'il paraît que la production du prussiate est plus facile lorsqu'on emploie directement la matière animale non calcinée. D'autres auteurs ou fabricants prétendent le contraire et disent qu'on obtient autant de prussiate de potasse avec une matière animale chauffée jusqu'au point de ne plus donner de carbonate d'ammoniaque qu'avec une matière animale séchée, mais non calcinée. Ces deux assertions sont contradictoires; et pour éclairer la question, nous ne pouvons mieux faire que citer des expériences faites depuis longtemps et auxquelles on attache de l'importance depuis plusieurs années.

C'est à Schèele, le célèbre chimiste suédois, c'est-à-dire au siècle dernier, que nous devons remonter pour citer la première des expériences auxquelles nous faisons allusion. Ce savant est parvenu à obtenir du cyanure de potassium en chauffant au rouge un mélange de charbon et de potasse sur lequel il a projeté du sel ammoniac.

En 1827 ou 1828, M. Desfosses, pensant que l'ammoniaque devait jouer un grand rôle dans la formation du cyanure de potassium, a fait quelques essais dont nous citerons les principaux.

Un mélange de carbonate de potasse et de charbon chauffé au rouge dans un tube de verre à travers lequel on a fait passer du gaz ammoniaque ou du carbonate d'ammoniaque, a donné une grande quantité de cyanure de potassium. Cette expérience a beaucoup d'analogie avec celle de Schèele.

En plaçant au fond d'un canon de fusil une once (30 gram. 50 centigr.) de corne de cerf râpée, et par-dessus un mélange de 4 gros (15 gram. 3 centigr.) de carbonate de potasse et 2 gros (7 gram. 6 centigr.) de charbon, on a obtenu, après une calcination convenable, 48 grains (2 gram. 55 centigr.) de cyanure de potassium. Les mêmes matières mélangées n'en ont produit que 26 grains (1 gram. 38 centigr.).

M. Desfosses conclut de ces expériences que pendant la calcination des matières animales avec la potasse, le cyanogène ne se produit point par la combinaison immédiate de l'azote avec le carbone, mais qu'il se forme aux dépens de l'ammoniaque décomposée subséquemment par le carbone. Il cite encore, à l'appui de son opinion, que l'on obtient la même quantité de cyanure d'une matière animale seulement desséchée ou préalablement carbonisée.

C'est dans le *Journal de Pharmacie* (tome XII) que nous trouvons relatées ces expériences. Le rédacteur de ce journal, critiquant l'opinion de M. Desfosses, prétend que la différence de rendement en cyanure de potassium, dans les deux expériences, ne dépend pas de la circonstance assignée par l'auteur, la superposition au lieu de la mixtion de la potassse et de la matière animale. L'essai, dit-il, qui a été fait en grand du premier moyen a donné un résultat plus désavantageux que celui obtenu par l'ancien procédé; mais M. Desfosses l'explique en prétendant que l'action s'est bornée à la surface de la masse saline. Il ajoute qu'en faisant passer du gaz azote sur un mélange de potasse et de charbon chauffé au rouge, on obtient du cyanure de potassium en quantité très-notable, mais inférieure à celle que fournit le procédé ordinaire.

En 1838, M. Kuhlmann, dans ses belles expériences

sur la production artificielle de l'acide nitrique et de l'ammoniaque, a constaté qu'en faisant passer sur de l'éponge chauffée les composés d'azote vaporisables, en contact avec les carbures d'hydrogène ou avec l'oxyde de carbone, lorsque le composé azoté contient de l'hydrogène, on obtient de l'acide cyanhydrique ou du cyanhydrate d'ammoniaque; c'est ainsi que, conformément à la dernière proposition, il a obtenu avec l'ammoniaque et l'oxyde de carbone du cyanhydrate d'ammoniaque. Il rend compte de cette réaction par l'équation suivante :

$$2CO + 2Az^2H^6 = Az^2C^2H^2.Az^3H^6 + 2H^2O.$$

Ce résultat porta M. Kuhlmann à répéter, en 1840, une expérience indiquée par M. Clouet; c'est la production de l'acide cyanhydrique par l'action de l'ammoniaque sur le charbon incandescent. L'expérience réussit parfaitement bien ; mais, ainsi qu'on devait le penser, c'est du cyanhydrate d'ammoniaque qu'on obtient, car l'acide cyanhydrique libre serait facilement décomposé à la température élevée à laquelle la réaction a lieu; il se dégage en même temps un carbure d'hydrogène (carbure tétrahydrique), la réaction paraissant devoir être formulée comme suit :

$$3C + 2Az^2H^6 = Az^2C^2H^2.Az^2H^6 + CH^4.$$

« Cette réaction, qui se produit avec une étonnante facilité, ne m'autoriserait-elle pas à penser, dit M. Kuhlmann, que lors de la calcination des matières azotées en présence d'un oxyde alcalin, il se produit d'abord de l'ammoniaque qui, en contact d'un excès de charbon et de l'oxyde alcalin, se transforme en cyanogène et en oxyde de carbone. Ce mode de réaction, s'il n'a pas lieu toujours, doit avoir lieu du moins dans un grand nombre de circonstances. En faisant passer sur un mélange d'oxyde de potassium et de charbon chauffé au rouge dans un canon de fusil un courant d'ammoniaque desséché, on obtient du cyanure de potassium avec la même facilité que si l'on y faisait passer un courant de cyanogène pur.

« En tirant parti de l'action énergique du carbone sur l'ammoniaque à une haute température, je suis parvenu, par un procédé qui n'est pas très-compliqué, à préparer de l'acide cyanhydrique avec de l'ammoniaque.

« Voici comment je procède :

« Je produis un dégagement d'ammoniaque que je dirige, après l'avoir desséché par du chlorure de calcium, dans un tube de porcelaine contenant du charbon de bois en petits fragments et chauffé au rouge. Les gaz qui, sortis du tube, contiennent une grande quantité de cyanhydrate d'ammoniaque, sont obligés de traverser une couche d'acide affaibli et chauffé à une température de 50° environ.

« L'ammoniaque est absorbé par l'acide sulfurique, et l'acide cyanhydrique seul se dégage du flacon pour se rendre dans un vase entouré d'un mélange frigorifique, après avoir été desséché par du chlorure de calcium. L'acide, ainsi obtenu, présente toute la pureté de l'acide obtenu par la décomposition du cyanure de mercure au moyen de l'acide chlorhydrique.

« J'ai encore mis à profit cette même réaction du charbon pour préparer du cyanoferrure de potassium; seulement la vapeur du cyanhydrate d'ammoniaque, au lieu d'être dirigée dans l'acide sulfurique affaibli, est dirigée dans une dissolution de potasse caustique tenant en suspension du protoxyde hydraté de fer.

« A peine le dégagement a-t-il duré quelques instants que l'on voit se former de belles tables rectangulaires de couleur jaune, consistant en cyanoferrure de potassium. L'ammoniaque éliminé par la potasse peut être utilisé.

« Si nous examinons les réactions qui font l'objet de cette note, sous le point de vue des applications industrielles, il n'est pas de doute qu'elles méritent de fixer l'attention, non qu'elles soient immédiatement applicables, mais parce qu'elles peuvent amener quelques modifications dans le travail de préparation des cyanoferrures alcalins, ou du moins parce qu'elles peuvent servir à expliquer les phénomènes si compliqués qui donnent naissance aux cyanures, et diminuer ainsi l'incertitudes des résultats que présente la fabrication. » (*Mémoires de la Société royale des sciences de Lille*, année 1840.)

Il est évident qu'en faisant arriver le cyanhydrate d'ammoniaque, produit, comme l'indique M. Kuhlmann, dans une dissolution de sulfate de fer, on obtiendra du sulfate d'ammoniaque et du cyanure de fer qui peut être employé directement à faire du bleu de Prusse, ou peut être transformé en cyanoferrure par une quantité convenable de carbonate de potasse, qui donne du carbonate de fer et du cyanure de potassium.

M. Baudrimont, qui a fait aussi depuis des recherches intéressantes sur ce sujet, fait remarquer que le charbon décomposant l'eau à la température rouge, il est presque inutile de dessécher le gaz ammoniaque; il suffira, dit-il, de mettre une colonne de charbon d'une certaine longueur dans le tube à réaction, colonne précédant nécessairement le mélange de charbon et de carbonate de potasse.

Il ajoute encore qu'un moyen de tirer un parti avantageux du cyanure de potassium produit est de le mélanger au cyanure de fer obtenu comme précédemment, de traiter le mélange par l'eau, et de soumettre immédiatement à la cristallisation pour obtenir du cyanoferrure de potassium.

En 1840, nous avons signalé un des premiers la présence du cyanhydrate d'ammoniaque dans les produits de la distillation de la houille, soit dans les eaux ammoniacales de condensation, soit dans les gaz et vapeurs ayant échappé à cette condensation.

La présence des substances cyanurées dans ces matières n'a rien qui doive étonner, et il est très-probable, du reste, que le cyanogène résulte là aussi de l'action du carbone sur l'ammoniaque au moment même où elle prend naissance.

L'immense quantité de houille que les usines à gaz distillent aujourd'hui, permet de supposer qu'un jour l'industrie saura tirer un parti avantageux des produits cyanurés provenant de la distillation de la houille dans la fabrication du gaz.

Nous avons donné (voy. ÉCLAIRAGE AU GAZ) des moyens d'extraire assez économiquement ces cyanures des résidus de l'épuration du gaz au moyen des sels ou oxydes métalliques. Les cyanures métalliques qui se forment dans cette opération, sous l'influence des métaux et du cyanhydrate d'ammoniaque, sont insolubles, et c'est du bleu de Prusse qui se produit lorsqu'on emploie dans l'opération un composé ferrugineux; il suffit de traiter le résidu insoluble par une lessive alcaline pour obtenir un cyanoferrure alcalin en dissolution assez étendue qui peut servir soit à la fabrication des cyanoferrures, soit à la préparation du bleu de Prusse. Cette dernière opération est la plus simple, suivant nous. Nous avons produit ainsi, et M. Laming en a fait autant, d'assez grandes quantités de bleu de Prusse et de cyanoferrure de potassium; mais ces produits renferment nécessairement un ou des composés encore mal connus et mal définis, car ils présentent des difficultés dans l'emploi commercial, difficultés qui en restreignent la consommation.

En 1844, M. Jacquemyns, professeur de chimie à l'athénée de Gand, a publié, dans les *Annales de physique et de chimie*, une note sur la fabrication qui nous occupe. Préoccupé aussi de l'action de l'ammoniaque sur la potasse et le fer à une haute température, et aussi de l'utilisation des gaz ammoniacaux qu'on laisse

généralement perdre lors de la carbonisation des os dans les fabriques de noir, il a songé à faire servir ces gaz à la formation du cyanoferrure de potassium.

Voici l'expérience qu'il a faite à cet égard. Il a placé dans une cornue des os qu'il a calcinés en dirigeant les produits de la distillation dans un tube de fer chauffé au rouge et contenant de la potasse et du fer; à la sortie de ce tube, les gaz se lavaient dans de l'acide sulfurique étendu d'eau, puis passaient sur un lit de chaux hydratée; car M. Jacquemyns espérait pouvoir faire servir à l'éclairage les hydrogènes carbonés provenant de la distillation et épurés des matières étrangères par l'acide et la chaux.

De 1 kilogramme d'os calcinés, M. Jacquemyns a obtenu 640 grammes de noir; le mélange du tube à potasse fut agité dans l'eau; la dissolution obtenue fut filtrée, puis traitée par du sulfate ferrique, ce qui produisit 0^{k},86 d'un beau bleu de Prusse. Le gaz ayant été reçu dans un petit gazomètre, on en mesura 125 litres donnés par le kilogramme d'os; seulement ce gaz ne jouissait pas d'un pouvoir éclairant satisfaisant. Peut-être le passage dans l'acide sulfurique avait-il un peu altéré ce pouvoir éclairant, et il est évident que M. Jacquemyns serait arrivé d'un seul coup à l'épuration complète du gaz, à l'absorption de l'ammoniaque et de l'acide carbonique avec une dissolution métallique neutre. M. Jacquemyns a oublié sans doute d'indiquer la quantité de sulfate d'ammoniaque obtenu par le passage des gaz dans l'acide sulfurique.

Malgré ces diverses recherches et les données fournies par la science à l'industrie, on n'emploie toujours, à peu de chose près, que les anciens procédés pour la fabrication du prussiate de potasse. En 1844, on a essayé en France sur une grande échelle, trop grande malheureusement pour les expérimentateurs, un procédé de MM. Possoz et Boissière, qui consistait à faire arriver de l'air, comme source d'azote, sur un mélange de potasse et de charbon chauffé au rouge blanc; il n'était pas question de fer dans le mélange. La présence de l'oxygène étant nuisible à la réaction, il était absorbé et fixé par des tournures de fer aussi chauffées au rouge. Le contact de l'azote avec le mélange en question, dans les conditions indiquées, donnait lieu à du cyanure de potassium.

On aurait dû payer à ces messieurs un juste tribut d'éloges s'ils étaient parvenus à un procédé industriel permettant d'engager l'azote de l'air dans des composés chimiques, et obtenir, dans la fabrication du prussiate, des résultats plus satisfaisants, au point de vue économique, avec ce procédé qu'avec l'ancien. Malheureusement, l'application manufacturière a démontré qu'il y avait, dans la mise en pratique de ce procédé, des difficultés très-grandes. Ainsi la température du mélange de potasse et de charbon doit être excessivement élevée, et les cornues en terre réfractaire, dans lesquelles on faisait l'opération (elles étaient placées verticalement), n'ont pu résister à l'action simultanée de la potasse et de la chaleur blanche; on dut en définitive renoncer à l'emploi de ce procédé dont l'essai avait eu lieu dans l'usine de Grenelle, l'ancienne usine Payen, appartenant alors à M. Couput. D'ailleurs l'économie, en supposant, bien entendu, un appareil d'un emploi possible dans une usine, ne pouvait pas être bien considérable, ainsi qu'on l'avait espéré tout d'abord. Car, sans parler de l'énorme quantité de combustible dépensée pour arriver à la haute température nécessaire à la réaction, la proportion de potasse à employer était toujours la même pour un poids voulu de prussiate; et la substitution de l'azote de l'air à celui fourni par les matières animales ne laissait pas une grande marge d'économie, si l'on remarque qu'il fallait enlever à l'air son oxygène qui aurait contrarié l'opération.

PRUSSIATES.

Depuis, M. Possoz a conseillé, dans les dispositions de l'appareil, une notable modification; il veut remplacer les cornues par des fours à réverbère, et le gaz azote, *ou contenant de l'azote*, serait porté à une température élevée avant d'être dirigé sur le four, ce qui faciliterait singulièrement la réaction. Cette indication de M. Possoz nous semble très-bonne, essentielle même, car il est évident que l'arrivée d'un courant de gaz froid doit diminuer singulièremunt la température du mélange de charbon et de potasse, et arrêter la réaction.

Quoiqu'il doive arriver de l'expérimentation de semblables procédés très-peu nouveaux en théorie, mais nouveaux dans la pratique, nous doutons fort que leur réussite, même complète, puisse amener une baisse bien forte sur le prix des prussiates. Si cette baisse atteint le chiffre de 15 à 20 p. 100, les expérimentateurs devront s'estimer heureux.

Si nous pouvions *à priori* indiquer où il y a le plus de chances de bons résultats, nous n'hésiterions pas à conseiller la réalisation en grand des expériences faites par M. Kulhmann et par M. Jacquemyns avec ou sans l'utilisation des gaz carbonés pour l'éclairage; seulement nous nous permettrons de signaler quelques modifications.

Avant tout, faisons remarquer qu'il doit y avoir, par le fait du mélange de la potasse, du charbon et du fer, mélange porté à la température rouge-blanc, réduction de la potasse; que c'est au moment où il se trouve du potassium libre qu'il y a combinaison d'azote, de carbone, de fer et de potassium. Du moins c'est là notre avis, et nous rappellerons qu'il y quelques années M. Lassaigne a indiqué un moyen très-simple de reconnaître dans une matière organique la présence de l'azote, c'est de porter au rouge dans un tube de verre cette matière au contact d'un peu de potassium; le cyanure formé, dont la présence se décèle facilement, est la preuve de la présence de l'azote. Nous insistons sur ce point, parce qu'il nous a paru que les auteurs de chimie avaient, tout au moins, glissé trop légèrement sur cette réduction de la potasse.

Revenons à l'expérimentation du procédé Jacquemyns. On ferait un mélange de potasse, de fer et de charbon animal *azoté*, c'est-à-dire de charbon provenant d'une distillation dans laquelle les gaz ammoniacaux auraient déjà été utilisés, pour la fabrication du prussiate. Sur le mélange, porté d'ailleurs à une température convenable, on ferait arriver le gaz provenant d'une distillation de matières animales, gaz maintenus ou portés, au sortir des cornues de distillation à une température élevée pour faciliter la réaction. Ces gaz, après leur passage sur le mélange, seraient privés de toute l'ammoniaque excédant par leur lavage, soit dans les dissolutions métalliques, soit dans l'acide sulfurique.

Disons en terminant que MM. Margueritte et Sourdeval ont cherché à reprendre le procédé Possoz, en substituant la baryte à la potasse.

La baryte présente sur la potasse deux avantages: l'un est le bon marché, l'autre est sa propriété d'être infusible à des températures très-élevées. Ce second avantage est considérable lorsqu'on cherche a fixer l'azote atmosphérique.

Avec la potasse, en effet, la formation du cyanogène n'a lieu qu'à la surface de la masse fondante, tandis qu'elle a lieu dans la masse toute entière, lorsqu'on se sert de la baryte; en ontre, celle-ci est sans action sur les cornues de terre, qui peuvent servir un grand nombre de fois.

La meilleure disposition consiste à mélanger le carbonate de baryte avec des quantités variables (20 ou 30 fois son volume) de goudron de houille, de résine, de sciure de bois, de charbon de bois ou de coke, et à porter

le tout à une température élevée; il y a alors absorption de l'azote par le charbon barytique en même temps que combustion de celui-ci.

Les auteurs disent que leur procédé peut servir à fabriquer facilement l'ammoniaque. Il suffirait de faire passer de la vapeur d'eau, à une température même inférieure à 300°, dans les cylindres où le cyanure de baryum a pris naissance, pour obtenir l'ammoniaque correspondant à la totalité de l'azote, tandis que la baryte retournerait à l'état de carbonate. A. MALLET.

Ces questions offrent un grand intérêt théorique, la formation de l'ammoniaque à l'aide de l'azote de l'atmosphère (dont il forme les quatre cinquièmes), pouvant être le point de départ d'une fabrication en quantité indéfinie des engrais, à la quantité desquels la production agricole est en quelque sorte proportionnelle. L'accroissement notable de la quantité de ceux-ci serait une augmentation de la richesse de l'humanité. (Voy. NUTRITION DES ANIMAUX.)

PULVÉRISATION. Voyez BROYAGE, MÉTALLURGIE et POTERIE.

PUTRÉFACTION. Nous avons décrit, à l'article CONSERVATION DES SUBSTANCES VÉGÉTALES ET ANIMALES, les divers procédés qui permettent d'éviter la putréfaction, la fermentation putride qui tend à décomposer les substances animales aussitôt que la vie a cessé. Nous compléterons ici les renseignements que fournit cet article en donnant un résumé des beaux travaux de M. Pasteur sur cette question.

M. Pasteur a démontré en 1862 que les liquides les plus putrescibles, tels que le lait, le bouillon, se conservent indéfiniment dans des ballon scellés pendant qu'ils étaient en ébullition, pourvu que ces liquides aient été portés quelque temps à 100° ou un peu au-dessus; que chaque fois qu'il y a fermentation ou putréfaction, il se développe dans le liquide altérable des microzoaires ou des mycrophytes dont l'activité et la prolification sont en rapport avec l'activité de la décomposition; que les germes qui sont nécessairement apportés par l'air, peuvent être arrêtés sur des bourres de coton-poudre, qui, dissoutes dans l'éther, permettent de séparer ces germes et de les semer.

Quand on examine avec soin, avec le secours du microscope, ce qui se passe dans un liquide qui se putréfie, on voit apparaître d'abord de minuscules infusoires, sous la forme de points minimes, qui privent rapidement la liqueur d'oxygène. En même temps à la surface se forme une couche mince de mucédinées, de mucors et de bactéries, toutes excessivement avides d'oxygène. Cette couche empêche presqu'entièrement l'arrivée de ce gaz dans l'intérieur du liquide. A partir de ce moment, celui-ci devient le siége de deux actions très-distinctes. Des vibrions ont succédé aux ponctuations primitives, paraissent être la transformation de celles-ci. A l'intérieur du liquide, ces vibrions changent à leur profit les matières albuminoïdes qu'ils s'assimilent en produits moins complexes, en cellulose insoluble et en gaz putrides, tandis qu'à la surface les mucédinées et les bactéries comburent puissamment les produits de ces dédoublements et arrêtent au passage l'oxygène dont l'action, au moins lorsque ce gaz est en quantité notable, anéantirait l'activité des microzoaires de la profondeur. De là ce double phénomène dans les putréfactions, de réductions et d'oxydations simultanées.

Malgré les contestations ardentes de la part des partisans de la génération spontanée, base nécessaire des doctrines matérialistes, le système de M. Pasteur, confirmé par des expériences multipliées, est reconnu parfaitement certain.

Nous terminerons en disant quelques mots du procédé Gannal, pratiqué pour le embaumements, et qui a trouvé une application importante dans les études anatomiques qu'il facilite en les rendant moins insalubres.

M. Gannal se sert de l'appareil de la circulation pour faire pénétrer l'injection de la substance conservatrice dans toutes les parties du corps humain. C'est par l'artère carotide qu'il pratique une injection d'acétate d'alumine; c'est le sel qui réussit le mieux. Le sulfate d'alumine donne toutefois des résultats presque aussi satisfaisants.

Ce procédé a été essayé pour la conservation des viandes destinées à l'alimentation. Malgré les succès qui avaient été annoncés (sans doute en n'employant pas de sels d'alumine), il n'a pris aucune place dans la pratique.

PUITS. Voyez MINES et EAUX.

PUITS ARTÉSIENS. Voyez ARTÉSIENS (*puits*).

PYRITES. Nom générique donné à un assez grand nombre de minerais métalliques sulfurés qui présentent un éclat métallique très-prononcé; il s'applique particulièrement aux pyrites de fer (sulfures de fer), aux pyrites de cuivre (sulfures de cuivre), et aux pyrites arsénicales (sulfo-arséniure de fer).

PYROGÉNÉS. Lorsqu'on soumet les corps organiques à l'action d'une température croissante, ils tendent à se réduire en leurs éléments; mais, comme termes intermédiaires, il se produit des corps à la fois volatils, plus ou moins stables suivant la composition du corps, et en proportion de la température une quantité d'autres très-stables, qui sont l'eau, l'acide carbonique, l'ammoniaque, l'oxyde de carbone, le gaz des marais, composés qui se forment avec un notable dégagement de chaleur. Corrélativement à la formation des produits volatils précédents, le résidu devient plus stable, plus pauvre en oxygène et en hydrogène, plus riche en carbone que la matière primitive.

Si les corps fixes ou volatils formés dans ces conditions de température ne sont pas immédiatement soustraits à l'action de la chaleur et à leurs réactions mutuelles, il s'établit un état d'équilibre entre les forces en jeu, d'où résulte la limitation des réactions pyrogénées.

Mais si l'on augmente la chaleur, le résidu tendra de nouveau à perdre de l'oxygène sous forme d'acide carbonique ou d'oxyde de carbone, puis à céder une partie de son hydrogène sous forme d'hydrocarbures, ou d'ammoniaque si le corps est azoté. Entre tous les corps volatils ainsi formés, s'établiront des réactions nouvelles par voie de synthèse ou de condensations successives, qui tendront à résoudre les hydrocarbures en un charbon presque pur et en hydrogène en passant par la série des corps aromatiques (*benzine, naphtaline, anthracène*). Quant au résidu, il s'enrichira de plus en plus en carbone, et finira par ne plus consister qu'en un charbon à peine hydrogéné, tel que le graphite ou l'anthracite, ou bien contenant encore un peu d'azote, s'il provient de la calcination de corps azotés.

PYROMÈTRE. Instrument propre à mesurer les températures très-élevées (Voy. THERMOMÈTRE et PYROSCOPE, *Complément*).

PYROPHORE. On donne le nom de pyrophores à divers corps qui jouissent de la propriété de s'enflammer au contact de l'air; cette propriété paraît avoir pour cause commune la rapide absorption de l'oxygène par des corps combustibles réduits à un grand état de division. Certains oxydes métalliques, celui de fer par exemple, réduits par l'hydrogène à la plus basse température possible, deviennent extrêmement pyrophoriques. En calcinant dans un creuset luté 6 parties de noir de fumée mélangé avec 11 p. de sulfate de potasse, on obtient un mélange de charbon et de sulfure de potassium qui s'enflamme au conctact de l'air avec la plus grande facilité.

PYROTECHNIE. Voy. POUDRE, ARTIFICE (*feux d'*) CARTOUCHES, etc.

Q

QUAI. On appelle ainsi une levée en terre avec revêtement, établie sur un rivage et destinée à retenir un fleuve dans son lit, et souvent à faciliter le chargement et le déchargement des marchandises. Nous n'avons pas à entrer ici dans beaucoup de détails relativement à la construction des quais; nous dirons seulement qu'en France le revêtement se fait en général en pierre de taille posée en mortier hydraulique. Comme presque toujours la construction doit se faire sur des fonds délayés et mobiles, il faut d'abord battre des pilotis, en un mot construire les murs de quai avec autant de soin qu'une pile de pont, car elles sont dans des conditions semblables et le poids de la maçonnerie doit être très-grand, quand ils ont à résister à une poussée des terres considérable.

QUARTZ. Le quartz est de la silice sensiblement pure qui se présente dans le régne minéral en grande abondance et constitue de nombreuses variétés dont le caractère générique est d'être assez dur pour faire feu sous le briquet et d'être infusible. Ses principales espèces sont les suivantes:

Quartz hyalin ou *cristal de roche*. Ordinairement cristallisé en prismes hexaèdres avec pointement à 3 ou 6 faces, presque toujours incolore et transparent. Lorsqu'il est coloré, il porte différents noms suivant sa couleur; c'est du quartz *améthiste*, lorsqu'il est violet; *topaze d'Inde*, lorsqu'il est jaune; *prase*, lorsqu'il est vert; *hyacinthe de Compostelle*, lorsqu'il est rouge; *aventurine*, lorsqu'il est rouge, translucide, et renfermant de petites paillettes de mica d'un jaune d'or, etc. Ces diverses variété sont employées dans l'art du joaillier. Le cristal de roche incolore et bien transparent est très-employé en optique.

Quartz silex. Variété compacte qui fournit la pierre à fusil, les silex des terrains de craie employés comme matériaux de construction et comme matières premières dans la fabrication des faïences fines, etc.

Quartz agate. Compacte, rubanné, offrant des couleurs très-vives et très-variées, désignées par autant de noms divers; est très-employé pour faire des coupes, et autres petits meubles d'ornements.

Quartz jaspe. Variété rubannée, plus grossière que la précédente, et employée dans la décoration architecturale.

Quartz opale. C'est à cette variété du quartz qu'appartient l'*opale noble*, l'une des plus belles pierres précieuses et des plus estimées pour l'éclat et la vivacité de ses irisations.

Quartz carié ou *silex molaire*. Nous fournit les pierres meulières, ainsi que d'excellents matériaux de construction.

Quartz terreux. Ce sont des tufs siliceux qui ont un aspect terreux et sont quelquefois assez poreux pour surnager sur l'eau; dans ce dernier cas on leur donne le nom de *quartz nectique*.

Quartz arénacé. Cette variété constitue les *grès*, roches abondamment répandues à la surface du globe et qui nous offrent de si précieux matériaux pour les constructions, le pavage etc.

QUERCITRON. Nom d'une espèce de chêne, appelé *Quercus tinctoria* par les botanistes, parce que son bois et surtout son écorce sont employés en teinture. Cet arbre est indigène d'Amérique; on le trouve en abondance dans les forêts de la Pensylvanie, de la Caroline et de la Géorgie. On l'emploie en teinture, pour les jaunes; mais il ne produit pas une aussi belle nuance que la gaude: ses teintes tirent plus ou moin au fauve; aussi s'en sert-on de préférence pour les composés dont le jaune fait partie* et principalement pour les verts.

En Amérique, on dépouille l'écorce du quercitron de son épiderme, qui renferme beaucoup de matière colorante fauve, puis on pulvérise la deuxième écorce et on nous l'expédie ainsi pulvérisée. Comme les fibres résistent davantage à la pulvérisation et qu'elles ne renferment d'ailleurs aucun principe colorant, on estime d'autant plus cette poudre qu'elle est plus débarrassée de fibres.

QUINCAILLERIE. La quincaillerie est l'objet d'un commerce qui réunit une foule d'articles différents, notamment les objets accessoires du bâtiment, serrures, gonds; mais avant tout, les divers outils qui se manient à la main.

La question technique étant la seule qui nous occupe, nous n'aurions pas à nous occuper du commerce de la quincaillerie, s'il n'y avait ici une question commerciale fort importante pour l'industrie. L'excellence des outils étant la base d'une bonne fabrication, le commerce de ces outils devrait être organisé en vue de mettre en lumière les outils les plus parfaits. Malheureusement la fabrication en grand de ces outils permet de les établir, dans de grande fabriques, à des prix bien moindres que ne peuvent le faire des ouvriers qui ne travaillent qu'avec de faibles ressources. Malgré la différence des prix, souvent de 4 à 1, l'ouvrier préfère souvent, quand il peut le trouver, l'outil *à façon*, parce que pour les outils, la qualité principale est la bonté et que le bas prix n'est qu'une condition secondaire.

Les ouvriers ne savent plus où trouver ces outils qu'ils préfèrent, ce qui résulte de la défectuosité de notre législation sur les marques et de sa mauvaise observation. Il serait bien temps que la sévérité des mœurs et de la loi vint faire respecter les marques qui ont perdu toute valeur, parce qu'elles sont contrefaites aussitôt qu'un producteur intelligent est parvenu à conquérir une bonne réputation à ses produits. Rien de plus injuste ni de plus désastreux pour l'ouvrier qui met son honneur et doit trouver son profit à donner à un outil des qualités qu'un long service pourra seul permettre d'apprécier.

QUINQUINAS. Les quinquinas sont les écorces de diverses espèces de cinchonas, appartenant à la famille des Rubiacées, qui possèdent des propriétés toutes spéciales pour le traitement des fièvres; aussi leur exploitation et leur production sont-elles d'un grand intérêt.

L'introduction du quinquina en Europe remonte au dix-septième siècle. Il fut connu d'abord sous le nom de *poudre de la comtesse*: la comtesses del Cinchon, femme du vice-roi du Pérou, ayant été guérie d'une fièvre opiniâtre par la poudre de cette écorce, l'avait rapportée en Europe; plus tard, ce médicament fut désigné sous le nom de *poudre des jésuites*, qui en augmentèrent la vogue, tout en laissant ignorer son origine. Ce n'est qu'en 1679 que le roi Louis XIV, guéri par le remède d'un Anglais, nommé Talbot, lui acheta son

secret et ordonna la divulgation de cette préparation composée de poudre de quinquina. Cependant, l'arbre auquel appartenait cette écorce restait inconnu; ce ne fut qu'en 1738 que La Condamine donna pour la première fois la description de cet arbre, qui a été étudié depuis par un grand nombre de naturalistes.

Il appartient à l'Amérique du Sud; il végète dans une zone de 1? à 18 lieues de large, et qui s'étend sur une longueur de 800 lieues, de Caracas, dans le Vénézuéla, à Potosi, en Bolivie. Il croît sur diverses ramifications des Cordillières, à une hauteur comprise entre 1,200 et 3,200 mètres.

« L'aspect des cinchonas, dit M. Planchon, paraît varier suivant les hauteurs. Supérieurement, ils s'étendent au-dessus des forêts jusqu'à la région des gentianes, et y prennent la forme d'arbustes et d'arbrisseaux; dans la partie moyenne, ils sont associés à la végétation luxuriante des forêts tropicales, et atteignent la taille des arbres les plus élevés. Ils disparaissent au contact des premières régions des plantes basses. »

Les cinchonas ne vivent pas en masse compacte, ils se trouvent répandus en groupes épars dans l'immensité des forêts vierges de certaines régions de l'Amérique du Sud; la recherche de ces végétaux si utiles offre donc des difficultés de tous genres, et ce n'est qu'en affrontant de véritables dangers et après des fatigues inouïes que le chercheur de quinquinas, le *cascarillero*, arrive à faire sa récolte.

Non-seulement il doit rechercher l'arbre à quinquina au milieu de cette végétation luxuriante d'arbres divers et de lianes de toutes espèces qui le cachent, mais lorsqu'il l'a rencontré il doit isoler l'arbre, l'abattre, le décortiquer, sécher les écorces, et enfin les sortir à dos d'homme de la forêt qu'il a eu tant de peine à parcourir. Il y a tel district où il faut que le quinquina soit porté de la sorte pendant 15 ou 20 jours avant de sortir des bois qui l'ont produit. Une semblable exploitation pouvant amener la destruction des arbres à quinquina, il y avait donc à chercher à les cultiver, et on pouvait faire pour cela des dépenses considérables, vu le prix élevé de leurs précieuses écorces. Les Hollandais réussirent les premiers, et dès 1852, réussirent à Java des plantations devenues considérables. Les Anglais suivirent bientôt cet exemple, et importèrent aux Indes les meilleures espèces. Ils sont cultivés surtout dans les montagnes des Nugheries, au Bengale et à Ceylan, et on y compte aujourd'hui plusieurs millions de pieds. Cette culture est non-seulement assurée, mais elle a fait un grand progrès, grâce au procédé de M. Mac-Ivor. Ce procédé consiste à recouvrir de mousse le tronc des quinquinas et à diminuer l'action solaire, pratique qui confirme l'opinion de Pasteur que la lumière causait des pertes notables d'alcaloïdes.

Non-seulement cet accroissement des alcaloïdes est résulté de l'opération du moussage, mais encore il permet de conserver les arbres, leur écorce se reproduisant, grâce à cet abri, des points où elle a été enlevée.

Les essais faits en Algérie, à de faibles altitudes, n'ont pas réussi.

Les quinquinas, suivant qu'ils ont été recueillis sur le tronc ou sur les branches, sont ou en tables épaisses ou en tuyaux.

Dès l'origine, les quinquinas ont été classés en quinquinas gris, jaunes, rouges et blancs, et c'est sous ces designations qu'ils sont connus dans le commerce. Guibourt assigne à ces diverses classes les caractères suivants:

Les quinquinas gris se composent d'écorces roulées (ce sont en effet les écorces des jeunes branches des diverses espèces), médiocrement fibreuses, plus astringentes qu'ameres, donnant une poudre d'un fauve grisâtre plus ou moins pâle, contenant surtout de la cinchonine et peu ou pas de quinine.

Les quinquinas jaunes peuvent offrir un volume plus considérable, sont d'une texture très-fibreuse et d'une amertume beaucoup plus forte et plus dégagée d'astringence. Ils donnent une poudre jaune ou orangée et peuvent contenir une assez grande quantité de sels à base de chaux et de quinine pour précipiter instantanément la dissolution de sulfate de soude.

Les quinquinas rouges tiennent le milieu, pour la texture, entre les gris et les jaunes; ils sont à la fois très amers et très-astringents; leur poudre est d'un rouge plus ou moins vif; ils contiennent à la fois de la quinine et de la cinchonine.

Les quinquinas blancs se distinguent par un épiderme naturellement blanc, uni, non fendillé, adhérent aux couches corticales. Ils contiennent soit un peu de cinchonine, soit un autre alcaloïde plus ou moins analogue. Ils sont fébrifuges et ne peuvent guère compter au nombre des quinquinas médicinaux.

QUININE. Base retirée des quinquinas, en laquelle paraît résider leur propriété fébrifuge. Sa découverte par Pelletier et Caventou en 1820, a été un des plus grands progrès de la médecine. C'est à l'état de sulfate de quinine, quelquefois de lactate ou de tannate, qu'elle est administrée.

La grande consommation du sulfate de quinine et son prix élevé ont fait rechercher avec soin les méthodes les plus parfaites pour sa préparation. La solubilité de la quinine dans l'alcool, qui était la base des teintures à l'aide desquelles on administrait le quinquina avant la découverte de la quinine, fournit la base de ces procédés. Le procédé d'extraction indiqué par Pelletier et Caventou consistait à traiter le quinquina par l'alcool; à évaporer cette teinture en vase clos, puis à reprendre l'extrait alcoolique par l'acide chlorhydrique qui en sépare la quinine avec quelques autres principes; à décomposer l'hydrochlorate résultant par la magnésie en excès, et à traiter enfin le dépôt magnésien par l'alcool pour en extraire la quinine; enfin à évaporer celui-ci à basse température.

L'extraction industrielle de la quinine consiste: 1° à bien épuiser, par des lavages successifs, avec de l'eau acidulée, qui dissout très-bien le quinine, le quinquina réduit en poudre; 2° à ajouter de la chaux ou mieux de la magnésie et à traiter par l'alcool le précipité; 3° à soumettre à la distillation la teinture alcoolique, et, lorsque cette opération est très-avancée, à ajouter l'acide sulfurique nécessaire pour sulfater la quinine, c'est-à-dire jusqu'à ce que la liqueur rougisse le papier de tournesol. Par le refroidissement, la liqueur donne le sultate de quinine cristallisé. On l'obtient parfaitement blanc en le redissolvant et le filtrant avec du noir animal.

Robiquet a donné, dans le Dictionnaire technologique, un travail très-complet sur la manière dont doit être conduit en grand ce travail. On comprend facilement combien il importe que les opérations se succèdent sur des proportions bien déterminées et dans un ordre convenable. Cela est surtout important pour un produit d'autant de valeur que le sulfate de quinine. Aussi est-il bon d'opérer chaque jour sur les mêmes quantités, de la même manière, afin d'obtenir les mêmes rendements avec les mêmes frais, ce qui permet de diminuer les prix de revient, et de constater les moindres variations.

Bien des chimistes ont dû tenter de préparer la quinine en partant de substances végétales autres que l'écorces des quinquinas, par des méthodes synthétiques qui ont déjà fourni l'urée, les essences de fruits, l'alizarine artificielle, etc. Jusqu'à présent ils n'ont pu obtenir que des corps isomères, sans aucune propriété fébrifuge. Il n'est pas douteux que c'est là une conquête que les progrès de la chimie doivent permettre d'accomplir.

R

RABOT (*angl.* plane, *all.* hobel). Outil composé d'un fût et d'une lame, spécialement employé par le menuisier, type de tous les autres outils du même genre nommés *affûtages*, parce qu'ils sont composés d'un fer et d'un *fût* qui doivent être mis en relation afin de coopérer simultanément : ce en quoi les outils mis en fût diffèrent des autres outils dans lesquels le fer et le bois sont employés. Ainsi, les outils emmanchés, les bédanes, les ciseaux, les scies, les haches et autres, bien que composés de bois et de fer, ne sont pas des affûtages.

Le rabot change de nom suivant sa grandeur et suivant sa forme : les plus grands, dont les layetiers, les tonneliers et autres se servent, prennent le nom de *colombe;* ce rabot est tellement grand, tellement lourd, qu'on ne le meut pas sur le bois à ouvrer, mais que c'est le bois qu'on fait glisser sur la table; il reste fixe, supporté par quatre pieds, retourné en sens contraire du rabot ordinaire, c'est-à-dire sa lumière en dessus. Après la colombe viennent la varlope (fig. 1), la demi-varlope,

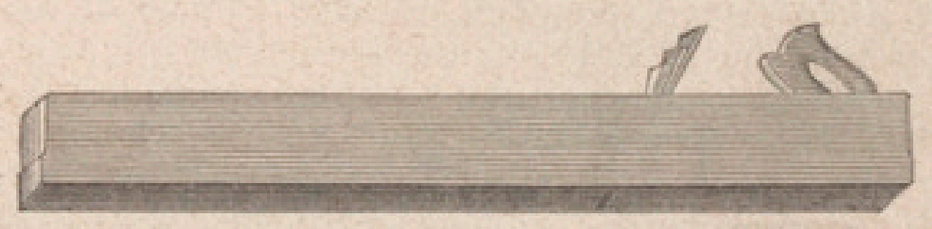


Fig. 1.

le rifflard, et enfin le rabot proprement dit, qui conserve son nom jusqu'aux plus petites dimensions. Les rabots ronds, les mouchettes, les rabots à moulures, les rabots à plates-bandes, les guillaumes, les bouvets, les feuillerets, les rabots à élégir, et bien d'autres, rentrent dans la classe des affûtages.

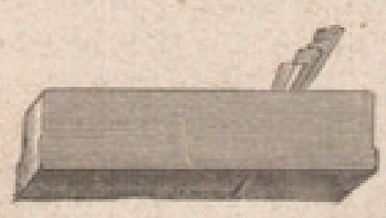


Fig. 2.

Le rabot simple (fig. 2) est un parallélipipède ayant environ en longueur le double de sa base; fait en bois dur, le plus souvent en cormier. La base de ce parallélipipède n'offre pas un carré parfait, mais bien un carré long; quant à la largeur, elle est facultative, selon le fer à employer, selon la grandeur de la main de l'ouvrier, selon l'usage auquel l'outil est destiné; la hauteur a ordinairement une fois et quart la largeur dans les rabots ordinaires; dans les rabots étroits, la hauteur peut être double de la largeur. On pratique dans ce bois un trou incliné qu'on nomme la *lumière*, et dans lequel on place le fer, qui est retenu en place par un coin en bois. Le percement de cette lumière est assez difficile; nous n'entreprendrons point de dire comment il s'exécute, il faudrait pour cela une longue démonstration, et celui qui aura un rabot dans la main comprendra dans l'instant quelle forme doit avoir l'intérieur de ce trou, qui se fait avec des mèches, des ciseaux, des petites scies passe-partout, des écouanes et des limes neuves, pour le bien unir en dedans. On appelle *joues* les deux côtés de la lumière, le derrière se nomme *talon*, la partie antérieure *nez*, l'inclinaison de la lumière la *coupe*. Nous nous contenterons de donner quelques règles générales adoptées par les meilleurs constructeurs.

Le fût du rabot doit être pris dans du bois bien de fil. Si le bois était tranché, l'effort du coin qu'on enfonce à coups de marteau, et qui presse sur le fer, ferait éclater le bois, et le rabot se casserait à l'endroit des joues.

Les joues ne doivent être ni trop épaisses ni trop minces. Leur force pourra varier entre le cinquième et le sixième de la largeur du fer pour chacune d'elles; lorsque les joues sont moindres que le sixième, elles sont faibles et sujettes à se voiler ou à se fendre; lorsqu'elles sont plus que le cinquième, elles sont trop fortes, l'outil est difficile à empoigner, pour peu que le fer soit large; et puis le bois s'usant plus dans la partie du nez qui frotte contre le bois à ouvrer, auprès et au devant du fer, il se forme en cet endroit un creux, tandis que les joues font saillie, disposition très-désavantageuse dont la conséquence est de contraindre à donner plus de fer qu'il ne conviendrait. Quand les joues ne sont pas trop fortes, elles s'usent plus promptement, et alors la détérioration dont il vient d'être parlé, toujours inévitable, est cependant moins prompte à se manifester. Dans les varlopes et demi-varlopes qui ont une poignée, on tient les joues plus fortes pour donner plus de poids et plus d'assiette à l'outil, et aussi pour le rendre plus robuste, son travail étant plus rude.

La lumière doit être la plus étroite qu'il sera possible. C'est-à-dire que le nez du fût devra s'approcher du tranchant du fer à une distance tellement réduite qu'il n'y ait entre le fût et le fer que le passage d'un copeau très-mince. Dans la construction des demi-varlopes, on tient la lumière plus large, cet outil étant destiné à enlever des copeaux épais. Quand le rabot est à deux fers (on les fait souvent ainsi aujourd'hui), il faudra, en dedans de la lumière, du côté du nez, et sans élargir cette lumière, donner un petit dégagement, creusé un peu en cannelure et bien adouci, afin que le copeau, rompu par le double fer ait son passage et que l'outil ne *bourre* pas, c'est-à-dire que les copeaux ne s'amassent pas dans la lumière. Il faudra avoir soin aussi d'amener en mourant les deux butoirs réservés dans la lumière pour servir d'appui au coin, de manière à ce qu'ils ne puissent former obstacle au libre passage du copeau. Il suffit que l'adouci de ces butoirs prenne à un centimètre au-dessus de la lumière pour éviter l'engorgement.

La pente ou coupe de la lumière varie selon l'idée et aussi selon la destination de l'outil. S'il doit raboter sur des bois noueux et de *rebours*, c'est-à-dire sur des bois dont le fil n'est pas uniformément penché, et dans lesquels, par suite des ondulations du fil, on est parfois obligé de le prendre à rebours, on tiendra la coupe plus droite, et on pourra lui donner de 50 à 53 degrés. Dans les autres cas, surtout s'il s'agit des varlopes et demi-varlopes, la coupe devra être plus inclinée et varier entre 43 et 50 degrés. Dans un rabot bien fait, la partie étroite de la lumière, en dessous, du côté de la *planche*, c'est ainsi qu'on nomme le dessous de l'outil, doit se trouver à environ un tiers de la longueur; un tiers de nez, deux tiers de talon; la partie supérieure doit également se diviser en trois : un tiers de talon, un tiers de lumière, un tiers de nez.

En réservant les butoirs, on fera en sorte de laisser peu de place pour le coin; un coin trop fort ne serre pas autant qu'un autre dont l'angle est moindre. Cet angle est très-bon à 11 degrés et peut encore aller à 15; plus ouvert, il tient moins et est sujet à lâcher lorsque l'outil reçoit des chocs.

La lumière doit être parfaitement dressée du côté du talon; si elle peut même être un peu concave dans le milieu, cela n'en vaut que mieux; si elle bombait, ce serait un défaut radical, le fer ne s'y asseoirait jamais bien. Du côté du nez, on la tiendra verticale; cependant quelques ouvriers, pour donner de la sortie aux copeaux, l'évasent par devant: cela n'est pas un mal; d'autres, pour que la lumière ne s'agrandisse pas aussi promptement par suite de l'usé de la planche, inclinent le côté du nez en lui faisant prendre par le bas une direction à peu près semblable à la pente. Cette idée est bonne, mais elle n'est point adoptée, parce que la lumière est alors bien plus difficile à percer, et que le copeau ne se dégage pas aussi bien dans ces sortes de lumières, fort sujettes à se bourrer.

Le *coin* doit être fait en bois dur. Nous venons de voir quel angle il convient le mieux de lui donner; nous dirons seulement, pour ce qui le concerne, qu'il est de la plus haute importance qu'il touche principalement par le bas, par le haut et des deux côtés, ce qui fait quatre points sur lesquels il doit exercer sa pression, deux en bas, sur les deux coins du fer, et deux en haut. Autant que possible, le coin ne devra pas porter à plat sur le fer, mais bien être un peu concave dans le milieu; sans cela, lorsque les bords se seront écrasés par la pression entre les butoirs et le fer, le coin deviendrait convexe au milieu et le fer ne serait plus solidement maintenu; il brouterait et ferait entendre un bruit aigu, qui est l'indice d'une mauvaise assiette. Assez souvent, on prévient cet effet, qui provient aussi de ce que le côté incliné de la lumière n'est pas parfaitement droit, en collant une petite bande de peau sur le bord de la lumière, en bas, du côté du talon; le fer appuie sur cette peau, y fait sa place et coupe alors sans brouter, si d'ailleurs le coin est convenablement ajusté.

Quelques ouvriers évident les coins dans le milieu, afin de donner plus de capacité à la lumière, qui est alors moins sujette à se bourrer; cette méthode est bonne, mais a l'inconvénient de rendre le coin bien fragile, et, si les butoirs ne sont pas taillés en angle rentrant, d'exposer la fourchette du coin à rentrer en dedans. Dans un rabot bien fait, le coin, quoique non évidé, n'est pas une cause de bourre; il est bon cependant de l'adoucir par le bas.

Le *fer du rabot* est une espèce de ciseau sans soie, long de 2 décimètres environ, d'une largeur appropriée à l'ouvrage qu'on veut faire, variant entre 4 et 5 centimètres, rarement plus, rarement moins; épais de 2 à 3 millimètres par le haut et de 4 à 5 par le bas; en dessus, et par le bas, est soudée une planche d'acier de 7 centimètres environ de longueur et de même largeur que le fer. Cette planche d'acier peut avoir environ 2 millimètres d'épaisseur et forme la moitié, ou à peu près, de l'épaisseur du fer par le bas. Le biseau du bas doit former un angle de 25 à 30 degrés, plus ou moins, selon les bois à ouvrer et aussi selon la coupe du rabot; plus la coupe est couchée, moins l'angle du biseau doit être ouvert. Quand on aiguise le fer, il faut avoir soin de former un biseau bien plat et non arrondi, et l'on ne doit point du tout toucher au côté de la planche, si ce n'est pour détacher le morfil. On ne doit point non plus laisser les coins trop vifs, mais bien les adoucir un peu, afin qu'ils ne soient point susceptibles de rayer le bois. Cette dernière observation s'applique aux fers des rabots et des varlopes; celui des guillaumes s'aiguise très-droit, et on lui fait du côté de la planche un petit contre-biseau; le fer des demi-varlopes s'aiguise en rond, il doit mordre particulièrement au milieu, par ce moyen il débite mieux. On voit si un fer est bien aiguisé lorsqu'en le regardant de près on n'aperçoit plus de blanc près le taillant, et que, posé légèrement sur l'intérieur de la main, il soulève facilement l'épiderme. Il ne faut pas que les fers soient trempés trop dur, parce qu'alors ils s'égrènent d'une manière imperceptible sur le sommet du taillant. Quand ils sont en bon acier fondu, ce qui devrait toujours être, ils doivent être *revenus* au bleu pas trop foncé; de cette manière ils coupent plus longtemps parce qu'alors on peut faire des biseaux très-allongés.

Pour *mettre le fer en fût*, on le place dans la lumière et on l'assujettit un peu avec le coin; puis, *bornoyant*, c'est-à-dire regardant avec un œil fermé le nez du rabot tourné vers l'œil, on remarque de quelle quantité le fer dépasse la planche de l'outil et s'il la dépasse bien également partout. S'il dépassait plus à droite qu'à gauche, on donnerait un petit coup de marteau sur le côté droit du haut du fer dépassant en dessus de l'outil, afin de remettre le taillant exactement sur la même ligne que la planche du fût. S'il y avait trop de fer, c'est-à-dire si la partie saillante du tranchant était visiblement trop considérable, on ferait rentrer le fer en donnant un coup sec sur le talon du fût. Si, comme nous l'avons recommandé, la lumière est très-étroite, il faut que le fer n'ait que très-peu de saillie, afin qu'il n'enlève qu'un copeau très-mince capable de passer par cette lumière rétrécie. Voilà ce qu'on nomme mettre en fût, opération qui se fait aisément au moyen de ce que le fer est moins large par le haut que par le bas, et de ce que en le faisant incliner à droite ou à gauche, il devient facile de placer le taillant dans la direction de la planche de l'outil. Quand le fer ne peut incliner ni à droite ni à gauche, il faut que la mise en fût soit faite par l'aiguisage sur la pierre, et alors l'opération est plus longue, comme cela a lieu pour les rabots à moulures et pour les bouvets.

Pour éviter que le fer, en pénétrant trop avant dans le bois, surtout lorsqu'il est de rebours, ne soulève des éclats, on met aux rabots et aux varlopes un double fer; pour celui du dessus, le biseau est dans un sens contraire du biseau du fer de dessous. Ces deux biseaux, s'ils se rencontraient juste, ferait un fermoir: c'est ce qu'il faut éviter; le fer de dessous, le seul qui soit aciéré, doit dépasser un peu, parce que lui seul a mission de couper, le fer de dessus sert à rompre le copeau à mesure qu'il est enlevé, et par ce moyen à empêcher le fer de dessous d'entrer trop avant. Quand on place simplement ces deux fers l'un sur l'autre, il en résulte cet inconvénient qu'en frappant sur le coin, pour assujettir les fers, on fait glisser le fer de dessus, qui alors ne se trouve plus dans la position précise qu'on lui avait d'abord donnée. Pour remédier à ce défaut, qnelques ouvriers placent un coin entre les deux fers; de cette manière, en frappant alternativement sur le fer de dessus et sur celui de dessous, on parvient à mettre ces deux fers dans la position respective qui leur convient. Mais cette méthode coûte beaucoup de temps; il vaut mieux, quoique beaucoup d'ouvriers persistent à le nier, se servir de ces fers doubles qu'on trouve tout préparés chez les quincailliers. Dans ce cas, on a pratiqué une coupure longitudinale au milieu de la partie supérieure du fer, au-dessus de l'acier, dans laquelle on place une vis de rappel qui pénètre dans un écrou faisant partie du fer de dessus; en tournant cette vis dans un sens, on fait remonter le fer; en la tournant dans un sens contraire, on le fait descendre. Pour aiguiser, on enlève le double fer avec la vis, puis on remet en place, et, de la sorte, la concordance des fers est réservée sans qu'il soit besoin de la rétablir chaque fois. Ces fers doubles, soit qu'ils coûtent plus cher, soit qu'ils pèsent davantage, n'ont pas, malgré leur supériorité évidente, été aussi goûtés que d'autres, qui, sauf qu'ils ont moins de course, remplissent à peu près les mêmes conditions, à l'aide d'un coulisseau carré entrant dans une entaille de même forme faite au fer de dessus. Ce coulisseau se fixe à la hauteur convenable au moyen d'une vis à tête large appuyant sur le revers du fer. Une fois le coulisseau placé, on ôte et on remet très-facilement le fer de des-

sus, lors des repassages, et lorsqu'à la longue l'usé du fer de dessous force à remonter le coulisseau et de le fixer de nouveau en serrant la vis.

Tel est le rabot : c'est un outil qui coûte cher parce qu'il se détériore facilement; aussi a-t-on cherché à retarder le plus possible sa destruction en le garnissant sur sa *planche*, c'est-à-dire en dessous, de planches de métal; le cuivre et le fer ont été essayés, mais sans beaucoup de succès; il faut graisser bien plus souvent pour que l'outil glisse aussi bien qu'alors qu'il frotte bois contre bois. La fonte de fer glisse très-bien, et il est un moyen très-ingénieux d'en revêtir les rabots, que nous devons donner ici, parce qu'il est très-peu connu, bien qu'il ait été publié dans le *Journal des Ateliers*.

Après avoir fini le rabot et s'en être même servi quelques jours, on trace exactement, avec un trusquin, une ligne sur les côtés et sur les bouts du rabot, distante de 5 millimètres de la planche de l'outil (le dessous). Cela fait, on retourne le rabot, le fer ôté, et, le posant à plat sur l'établi, le dessous en dessus, on perce, avec une mèche de 5 à 6 millimètres de grosseur, des trous de 2 à 3 centimètres de profondeur, d'abord aux quatre coins, à 6 ou 8 millimètres des rives; puis quatre autres, deux près de la lumière, aux deux bouts du côté du nez; deux autres au talon, dans la même situation, mais assez éloignés de la lumière pour qu'ils ne pénètrent pas en dedans; enfin, un ou deux au milieu du talon, entre les quatre qui doivent déjà s'y trouver. Quand ces trous seront percés (il s'en trouvera quatre sur la partie antérieure et cinq ou six sur le talon), on ajustera dedans des chevilles de bois dur entrant avec force; on retirera ensuite ces chevilles, et on les conservera pour les remettre plus tard; puis, avec une scie à lame large et à denture fine, on enlèvera avec précaution et en suivant bien exactement la ligne trusquinée sur les quatre côtés du rabot toute la planche de l'outil. Une fois détachée, on la remet en place et on l'assujettit de nouveau avec les chevilles dont il a été parlé plus haut ; si on a bien opéré, le trait de scie doit être à peine visible.

Mais on conçoit qu'alors, tel mince qu'ait été ce trait de scie, la direction de la ligne inclinée de la coupe, dans l'intérieur de la lumière, est changée; on répare l'irrectitude de cette ligne, soit avec un ciseau affilé bien vif, soit avec une lime plate neuve ; ce redressage est peu de chose, mais il convient de le faire. Les choses étant dans cet état, on enlève de nouveau la planche avec les chevilles en place, s'il est possible, sinon, après l'enlèvement, on remet les chevilles en place et on les coupe et arase avec soin du côté qui est en dessus, et on leur laisse toute leur saillie en dessus. On porte cette planche ainsi préparée à la fonderie ; elle sert de modèle pour la reproduction d'une planche exactement pareille en fonte de fer.

Cette semelle de fonte se met en place avec la plus grande facilité, puisque les petits tenons saillants produits par les chevilles sont de grosseur et d'espacement avec les trous faits dans le fût et entrent juste dans les trous que ces dernières occupaient. Dans tous les cas, si le retrait de la fonte avait donné un peu de jeu, on pourrait employer la colle-forte ordinaire, qui prend très-bien sur cette matière; mais, assez ordinairement, on pourra se dispenser d'y avoir recours, la pression étant suffisante. Ceux qui ne connaissent pas le secret de cette fabrication ne peuvent concevoir comment la fonte est attachée sous le rabot, aucune trace ne paraissant à l'extérieur.

Après l'usé de la planche, auquel on remédie au moyen d'une semelle en fonte, l'une des causes les plus actives de la détérioration des rabots est le grand nombre de coups de marteau qu'on donne sur cet outil, soit pour mettre, soit pour ôter le fer; pour en retirer un peu, pour en donner; un rabot ne peut marcher sans un marteau. Nous avons inventé des rabots sans coin qui dispenseraient de marteau et dureraient, pour ainsi dire, indéfiniment; mais cette découverte n'étant pas sortie de notre atelier nous devons nous contenter de la mentionner.

Pour empêcher les rabots de bourrer, on a imaginé de supprimer les butoirs contre lesquels le coin s'appuie, et de leur substituer une traverse en fer contre laquelle le fer vient buter; la lumière se trouve alors avoir plus de capacité et le copeau se dégage mieux. Mais cette traverse en fer, sous les chocs réitérés du marteau et n'étant plus retenue que par le bois peu épais des joues, finit par prendre du jeu dans ce bois; et puis, la pression opérée au milieu de la longueur du coin n'est pas parfaite, puisque c'est particulièrement au bas de ce coin qu'elle doit être la plus puissante. Cependant, on voit plusieurs de ces rabots dans les ateliers, tant est désirée une amélioration dans cet outil, l'un des plus importants.

On a vu aux expositions des rabots auxquels, pour remédier à l'agrandissement de la lumière, on a ajouté sur le nez une pièce à queue pouvant se rapprocher du fer au fur et à mesure de l'usé de la planche; c'est une bonne idée, mais il ne paraît pas qu'elle ait prévalu; peut-être les ouvriers ont-ils pensé que l'avantage obtenu ne compensait pas la peine qu'on se donne dans le principe pour établir cette pièce mobile.

Nous ne parlerons pas des rabots à replanir l'ivoire dont se servent les facteurs de pianos; ces outils, qui se vendent très-cher, sont presque entièrement recouverts de fer; la lumière en est très-étroite et le fer très-droit.

Les *rabots-bouvets* servent à rassembler par leurs champs deux ou plusieurs planches dont on veut former un seul panneau. Cet assemblage a lieu au moyen d'une languette réservée en saillie sur le champ d'une des planches entrant dans une rainure de calibre pratiquée dans le champ de la seconde; cet assemblage se nomme *couverture*, le bouvetures sont collées. Les bouvets qui font cet ouvrage sont dits d'*assemblage*, pour les distinguer des bouvets *de deux pièces* et des bouvets *à approfondir*. Ces bouvets d'assemblage peuvent être faits, lorsqu'il s'agit de petits bouvets devant opérer sur des planches de 1 centimètre 1/2 d'épaisseur, d'une seule pièce, le *mâle* d'un côté, la *femelle* de l'autre. Pour les planches plus épaisses, on a la paire, le mâle d'une part, la femelle de l'autre: le mâle est l'outil qui produit la rainure, la femelle est celui qui produit la languette sur le champ des planches à assembler. En achetant les fers, il faut regarder attentivement et s'assurer qu'ils ne sont ni pailleux ni gercés, et si le bédane, ou le mâle, est convenablement assorti avec le fer fourchu (la femelle). Ce dernier fer, il est vrai, peut s'ouvrir ou se resserrer; mais il vaut mieux ne pas être réduit à recourir à cette opération, lors de laquelle il arrive souvent qu'on fait éclater l'acier qui recouvre la planche, s'il a été trempé trop sec. Le bouvet, ainsi que tous les outils à moulure, est fort sujet à se voiler lorsque les deux outils ne sont pas faits sur la même pièce; dans ce dernier cas, la pression des coins fait équilibre et l'outil reste droit; mais quand le bouvet est séparé en deux, on est souvent obligé de mettre une bride en dedans, du côté de la lumière, pour s'opposer à ce que la pression du coin ne le fasse tourner. Mais cette bride a le désavantage de faire bourrer l'outil, défaut qu'il n'a déjà que trop; c'est pourquoi il vaut mieux tenir la joue assez forte pour qu'elle puisse résister à la pression du coin. La pente de la coupe du bouvet varie entre 50 à 60 degrés ; les fers doivent être mis parfaitement en fût, sans quoi l'outil est très-dur à pousser : on pare à la bourre en taillant le coin bien à bec de flûte et en le graissant souvent. Dans les petits bouvets, la languette qui porte le bédane serait trop faible si on la faisait en bois; on

la fait avec deux morceaux de forte tôle tenue dans le fût avec des rivures.

Le *bouvet à deux pièces* ou *à écartement* s'emploie aussi pour les assemblages, lorsque l'on veut réunir deux planches très-inégales d'épaisseur, ou lorsqu'on les veut unir d'équerre entre elles en laissant une saillie en dehors qui dépasserait la portée d'un bouvet ordinaire. Dans ces bouvets, qui sont toujours mâles, la joue est mobile, elle s'approche ou se recule à volonté en glissant sur des coulisseaux carrés servant en même temps de poignées, et sur lesquels elle est fixée à l'écartement voulu à l'aide de clavettes. Le bouvet de deux pièces est déjà un outil trop compliqué pour que nous entreprenions d'en donner la description: ceux qui voudront l'exécuter devront se procurer un modèle.

Il en est de même du bouvet *à approfondir*, qui n'est autre que le bouvet de deux pièces, mais qui a de plus que lui la faculté de pénétrer plus profondément dans le bois, ou de ne faire qu'une rainure très-peu profonde, à la volonté de celui qui l'emploie; c'est un outil cher, mais qui permet d'économiser le bois et le temps en produisant promptement des feuillures régulières au moyen de deux rainures qui se rencontrent et qui donnent la facilité d'enlever des tringles ou des réglettes, au lieu de réduire en copeaux l'espace que doit occuper la feuillure, qu'elle soit plate ou carrée. Il y a plusieurs manières de faire le bouvet à approfondir; mais on conçoit qu'il nous est impossible d'entrer dans la description de ces moyens mécaniques, puisque nous sommes même contraint de passer la description de cet outil important dans sa plus grande simplicité.

On fait des bouvets sur plan courbe, on en fait d'autres à semelles de fer, cintrés sur champ, destinés aux carrossiers pour bouveter les panneaux des voitures.

Dans les rabots *à plates-bandes*, la lumière a une double inclinaison; le fer se présente de biais au fil du bois, parce qu'il n'est point possible d'incliner l'outil lorsqu'on rabote entre deux champs en saillie; cette disposition de la lumière est d'une exécution difficile. Les *guillaumes* exigent aussi des soins particuliers pour la mise en fût et le percement de la lumière. En général, chaque rabot différent demanderait une étude particulière à laquelle on ne peut se livrer que dans une monographie. Il y a des rabots qui ont deux, trois et même quatre lumières, et autant de fers, agissant simultanément et produisant des profils très-compliqués; d'autres *à crémaillères;* d'autres qui sont destinés à faire l'office des guimbardes dans les fonds et les intérieurs. Mais leur office étant restreint à des spécialités, nous devons nous contenter de constater leur existence.

PAULIN DÉSORMEAUX

RADEAU. Assemblage de pièces de bois qui flottent sur l'eau, soit pour transporter des charges quelconques, soit plus souvent pour transporter le bois lui-même.

C'est surtout pour le transport des bois à brûler que cette méthode est adoptée depuis l'an 1449, où Jean Rouvet descendit la Seine sur le premier radeau construit dans ce but, combinaison admirable par le bas prix auquel elle a permis de faire ce transport au moyen *des chemins qui marchent*, comme dit Pascal. Les bois coupés en bûches dans les forêts sont, après avoir été marqués, jetés à bûches perdues dans les petits cours d'eau les plus voisins. Ces cours d'eau étant barrés près de leurs débouchés dans de grandes rivières, les bûches sont réunies en radeaux sur les bords de celles-ci, pour en effectuer la descente.

La longueur des trains est de 72 mètres; la largeur, suivant celle des rivières, est de trois ou quatre longueurs de bûches, c'est-à-dire de $3^{m},50$ ou $4^{m},60$; l'épaisseur de $0^{m},50$ ou $0^{m}60$, quand les eaux sont hautes. Les bûches sont assemblées à l'aide de harts et de perches.

Les trains sont dirigés à l'aide de rames quand l'eau est profonde: dans les autres cas à l'aide de gaffes, que le marinier, plongeant en aval, engage sous les *bourraches*, ou perches courbées qui sont assemblées aux extrémités.

Les gaffes se redressant pour la descente du train, soulèvent celui-ci et donnent un mouvement latéral qui permet de diriger le radeau.

Les bois de charpente s'expédient souvent par radeaux, quand on dispose d'un fleuve; c'est ainsi que les sapins de la Suisse descendent le Rhin.

RAFFINAGE. Voy. SUCRE.

RAIDEUR DES CORDES. C'est une résistance passive dont l'effet est très-sensible dans les palans, moufles, et autres machines à élever les fardeaux, telles que les grues et les treuils; elle varie avec la grosseur, l'état hygrométrique et la nature des cordes qui, plus ou moins flexibles et devant s'appliquer sur un tambour d'un diamètre plus ou moins grand, présentent une certaine résistance à l'enroulement.

Supposons une poulie sur laquelle passe une corde dont les deux bouts sont verticaux, une force P mouvante et une force Q résistante. Si l'on fait abstraction du frottement de l'axe de la poulie, les deux forces devraient être égales: l'expérience démontre que cela n'a pas lieu, et que la force P doit être plus forte que la force résistante Q. Cela tient à ce que la corde à laquelle est appliquée la résistance ne s'applique pas immédiatement sur la circonférence de la poulie, mais s'en éloigne suivant une courbe, et il résulte de cette nécessité de courber ainsi la corde, une résistance qui absorbe une partie de la puissance motrice. La force P, appliquée du côté où la corde se déroule, ayant un bras de levier plus faible que Q, doit avoir plus d'intensité que cette dernière pour que l'équilibre dynamique se maintienne; la quantité $P - Q$ est ce qu'on est convenu d'appeler la roideur de la corde.

Les expériences de Coulomb démontrent que pour une même corde, cette résistance $P - Q$, que nous appellerons S, est représentée par l'équation:

$$S = \frac{A + BQ}{D}$$

dans laquelle A et B représentent deux quantités constantes pour une même corde, mais variables avec le diamètre, l'état hygrométrique et le degré de conservation de la corde.

Q, la résistance appliquée au brin qui s'enroule.

D, le diamètre de la poulie.

La quantité A peut être appelée la roideur naturelle des cordes; la quantité B est un facteur constant par lequel il faut multiplier la tension du brin qui s'enroule pour avoir la roideur correspondant à cette charge. Les tableaux suivants indiquent les valeurs de A et de B, l'un dans le cas des cordes blanches, l'autre dans celui des cordes goudronnées.

Tableau relatif aux cordes blanches.

Diam. en centim.	Valeurs de A.				Valeurs de B.	
	Cordes en bon état.		Cordes à demi-usées.		Cordes en bon état, sèches ou mouillées	Cordes à demi-usées, sèches ou mouillées.
	Sèches.	Mouillées	Sèches.	Mouillées		
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
1	0,0556	0,1112	0,0556	0,1112	0,0024	0,0024
2	0,2224	0,4449	0,1572	0,3145	0,0097	0,0068
3	0,4995	0,9990	0,2889	0,5778	0,02202	0,0126
4	0,8998	1,7796	0,4448	0,8895	0,3895	0,0194
5	1,3903	2,7807	0,6253	1,2507	0,05063	0,028201
8	3,559	7,1187	1,2578	2,5157	0,1558	0,05506

Cordes goudronnées.

Nombre de fils de caret.	Diamètre des cordes.	Valeur de A.	Valeur de B.
	m.	m.	m.
15	0,0167	0,102	0,00627
30	0,0236	0,357	0,0125
60	0,0332	0,404	0,0251

Les expériences de Coulomb démontrent encore :

1° Que pour les cordes en chanvre non goudronnées, qu'on appelle cordes blanches, sèches ou imbibées d'eau, en bon état, les valeurs de A et de B, en passant d'une corde à l'autre sont à peu près entre elles comme les carrés des diamètres :

2° Que pour ces mêmes cordes demi-usées, ces mêmes nombres A et B, sont entre eux comme les racines carrées des cubes des diamètres ;

3° Que pour les cordes goudronnées, la quantité B est proportionnelle aux nombre des fils de caret dont la corde se compose.

RAPE. Voyez LIME.

RÉACTIF. Voyez DOCIMASIE, ESSAIS, MINÉRALOGIE.

RÉALGAR. Voyez ARSENIC.

RECTIFICATION. Voyez DISTILLATION.

RÉFLECTEUR. Voyez LUMIÈRE et PHARE.

RÉFRIGÉRANT. On donne le nom de réfrigérants aux appareils qui sont employés dans l'industrie pour abaisser la température des corps. Leurs propriétés reposent principalement sur l'emploi de l'eau, en laissant de côté le moyen de refroidissement habituel, fondé sur le rayonnement dans l'air et aussi par contact de celui-ci. Ce moyen, le moins rapide de tous, est celui qui s'emploie quand d'autres ne sont pas nécessaires, et sans appareil spécial.

Le contact de l'eau, quand il est possible, offre de grands avantages, à cause de la grande capacité de celle-ci pour la chaleur ; le refroidissement est au moins quinze fois plus rapide que dans l'air. Il est avantageux dans ce cas de disposer d'une grande masse relative de liquide, afin que celui-ci s'échauffe très-peu. L'agitation du liquide, en renouvelant les surfaces, accélère le refroidissement.

REFROIDISSEMENT DES LIQUIDES. Passons d'abord en revue les appareils de refroidissement par l'eau, ce qui a lieu surtout pour le refroidissement des liquides, de la bière principalement, pour arrêter la fermentation, car pour les solides le procédé se réduit, en général, à plonger simplement le corps dans l'eau.

La théorie des appareils de ce genre est évidemment analogue à celle que nous avons indiquée à l'article *méthode de* DÉPLACEMENT ; seulement au lieu d'une substance, c'est la chaleur qu'il faut extraire d'un corps pour la faire passer dans l'autre. Le but sera parfaitement atteint avec une quantité d'eau seulement égale à celle du liquide aqueux à refroidir, si l'appareil est disposé

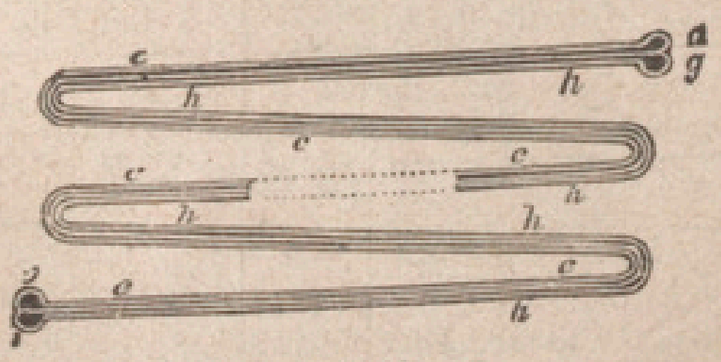


Fig. 1.

de telle sorte que l'eau froide et l'eau chaude circulent en sens contraire. Il est clair que si le circuit a une longueur suffisante, il y aura avec cette seule quantité

d'eau, échange complet de température. La figure 1 représente l'élément de cette disposition. Il se compose de deux tubes renfermés l'un dans l'autre. Dans le tube central circule le liquide à refroidir, et dans le tube extérieur l'eau froide marchant dans un sens inverse, entrant, par exemple, par le bas et sortant par le haut par l'effet d'un pression hydraulique, tandis que l'inverse a lieu pour le liquide chaud. Cet élément peut être multiplié, varié de diverses manières, ce qui donne lieu à diverses dispositions plus ou moins commodes suivant les cas.

Le serpentin d'un appareil de distillation agit bien comme il est dit ici, sauf que pour le simplifier on supprime l'enveloppe destinée à l'eau froide.

Les tuyaux sont souvent remplacés par des plaques ; telle est (fig. 2) une disposition qui a été trouvée com-

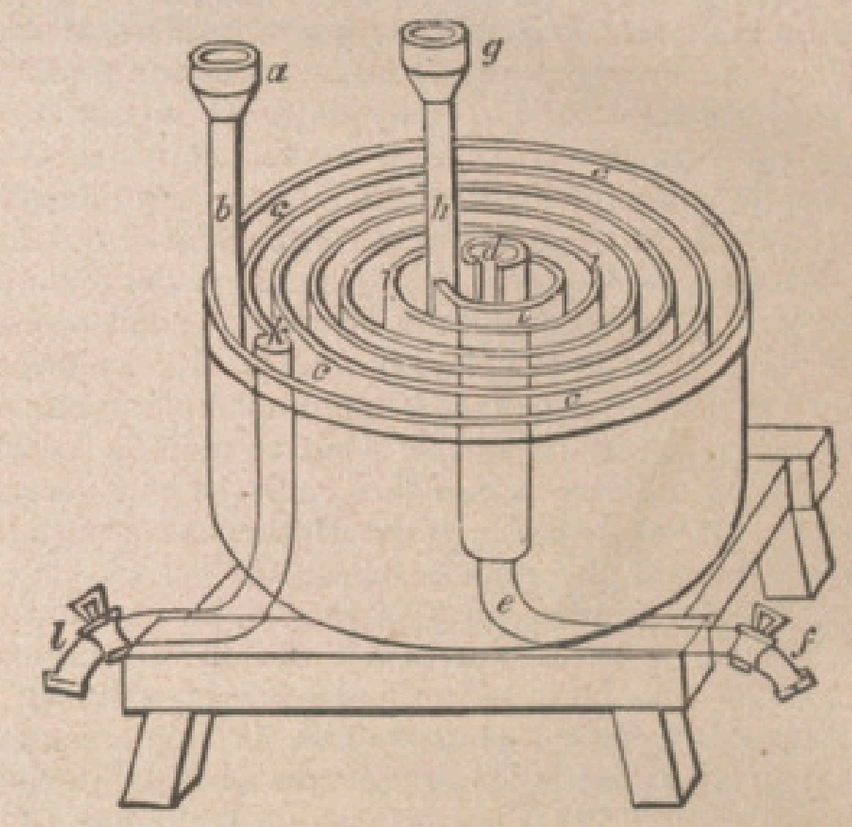


Fig. 2

mode pour les liquides qui, tels que le moût de bière, forment des dépôts qu'il faut enlever. Il est formé seulement de doubles plaques enroulées cylindriquement, qui reçoivent l'eau froide entrant au centre par l'entonnoir *g* et sortant par le robinet *l*. Le liquide arrive au contraire par l'entonnoir *a* et le tube *b* dans le circuit extérieur, et parcourt toutes les spires pour arriver au centre et sortir par le tube *e* muni du robinet *f*.

Les fig. 3, 4 et 5 représentent une disposition particulière, se rapprochant plus du serpentin, due à M. Wheeler, qui a donné à son appareil le nom de condenseur d'Archimède. Il se compose, comme le représentent les figures, de plaques horizontales renfermées dans un vase cylindrique. Le liquide chaud arrivant à la partie supérieure par le tuyau *e*, parcourt tout l'intervalle compris entre les deux plaques par un mouvement héliçoïdal, pour sortir à la la partie inférieure en *f*. L'eau froide, au contraire, arrive par le centre et pénètre par le tuyau *g* jusqu'à la partie inférieure de l'appareil. De là elle remonte le long des spires jusqu'à la partie supérieure, où elle s'écoule par un siphon placé en *i*.

Les dispositions que nous venons d'indiquer sont appliquées plus ou moins complétement dans les brasseries pour refroidir le moût, car un refroidissement trop lent nuit à la qualité de la bière. (Voy. BIÈRE.) Autrefois on se contentait d'exposer la bière dans de grands bacs d'une petite profondeur et d'une grande étendue, et d'accélérer l'action d'évaporation en agitant l'air.

EMPLOI DE L'ÉVAPORATION. Les appareils qui précèdent sont les plus convenables toutes les fois qu'on dispose de quantités suffisantes d'eau froide, mais il est précisément un cas important où c'est l'insuffisance

d'eau froide qui rend nécessaire de refroidir rapidement l'eau chaude ; c'est celui des machines à vapeur et

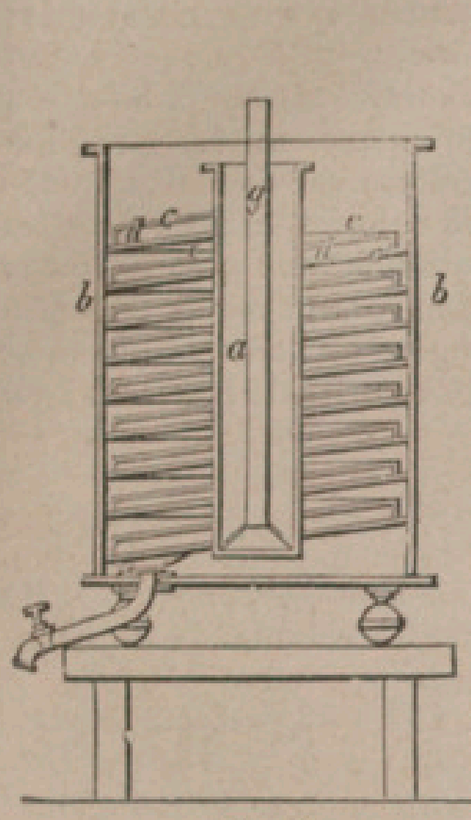


Fig. 3.

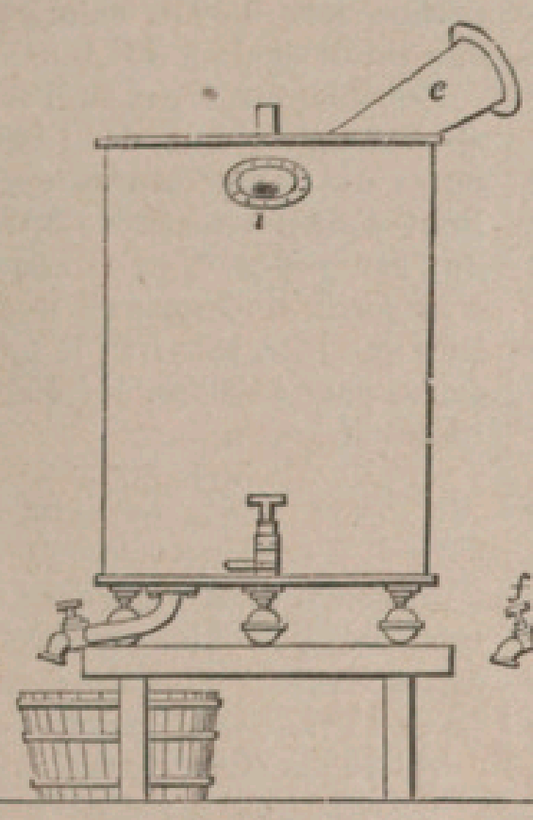


Fig. 4.

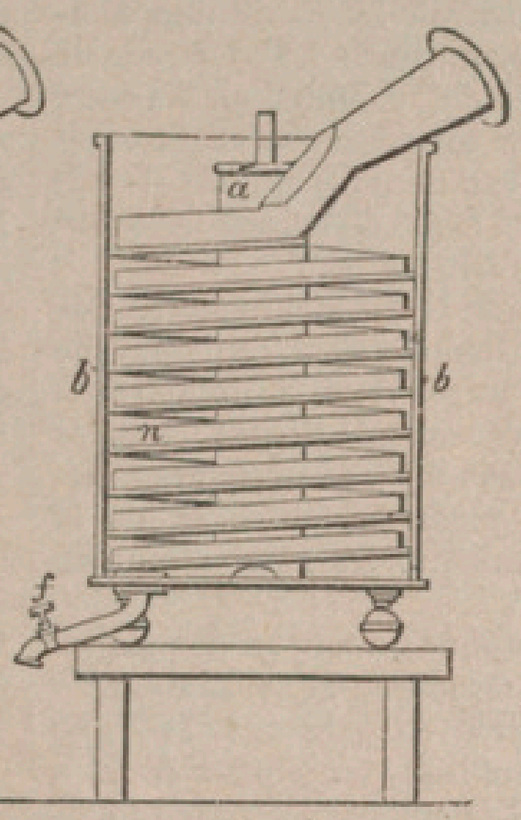


Fig. 5.

des chaudières à cuire dans le vide par la vapeur, quand on ne dispose que de quantités insuffisantes d'eau froide pour la condensation.

Les conditions à remplir dans ce cas, pour un refroidissement rapide, sont évidemment de rendre l'évaporation un maximum : 1° en multipliant les surfaces; 2° en donnant une grande vitesse au courant d'air qui lèche ces surfaces. Nous donnons, fig. 6, une dispo-

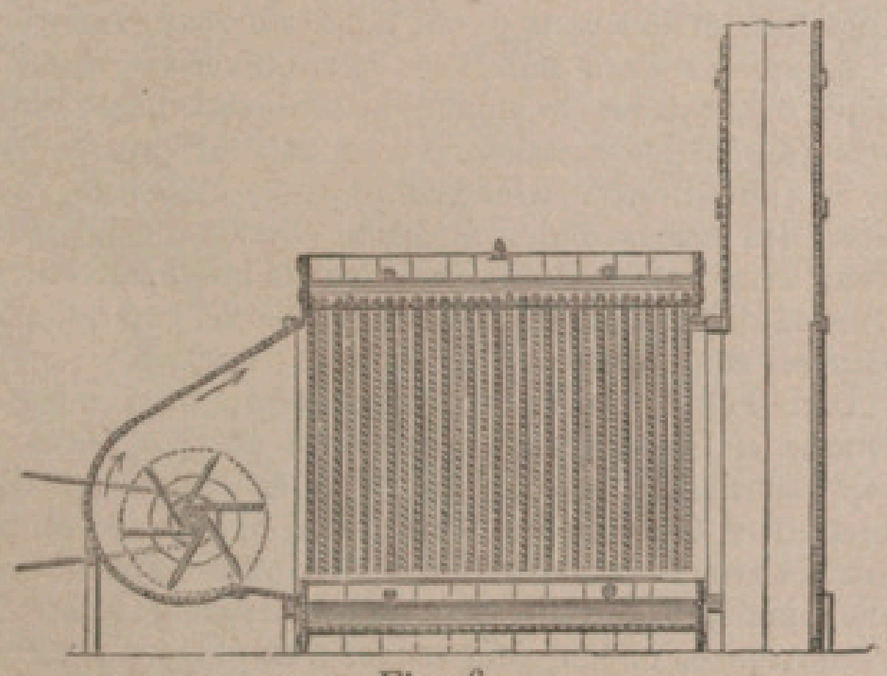


Fig. 6.

sition qui satisfait à ces conditions, et qui est heureusement imitée des bâtiments de graduation employés dans les salines. L'eau chaude, amenée dans un bassin supérieur, descend le long de cordes placées dans des trous pratiqués dans le fond de ce bassin. Un courant d'air, activé par un ventilateur, passe à travers ces cordes et est entraîné dans une cheminée, emportant une faible partie de l'eau, dont l'évaporation refroidit celle qui s'écoule dans le bassin inférieur.

Dans cet appareil la chaleur de l'eau est perdue, mais elle n'est ici qu'un embarras, et l'action mécanique consommée est en rapport avec la température de l'eau, comme nous allons le voir.

REFROIDISSEMENT DE L'AIR. Le contact de l'eau est un moyen très-convenable de refroidir de grands volumes d'air pour la ventilation pendant les grandes chaleurs; c'est dans ce but qu'a été disposé, par MM. Nézeraux et Garlandat, l'appareil représenté fig. 7. Réduit à ses parties essentielles, il se compose d'une caisse rectangulaire, divisée en deux chambres par une plaque ou cloison métallique légèrement inclinée et percée de trous nombreux et très-petits.

L'inclinaison de la plaque est variable; mais dans les cas les plus simples, lorsqu'il s'agit, par exemple, de ramener l'air d'une température de 25° à 30° à une température de 14° à 16°, une pente de 4 centimètres par mètre est suffisante.

A la partie supérieure de la plaque une rigole est ménagée pour recevoir un courant d'eau fraîche qui se répand sur toute la largeur de la cloison, descend suivant la pente et est recueillie à la partie inférieure d'une rigole d'écoulement.

Lorsque l'appareil est en marche, il s'établit au-dessus de la cloison un courant régulier d'eau fraîche constamment renouvelée.

La cloison est métallique, généralement en cuivre : elle présente une épaisseur de 1 millimètre à 1 demi-millimètre. Les trous dont elle est percée ont un diamètre égal à l'épaisseur de la plaque et l'ensemble de la surface qu'ils occupent peut varier du neuvième au quart de la surface totale.

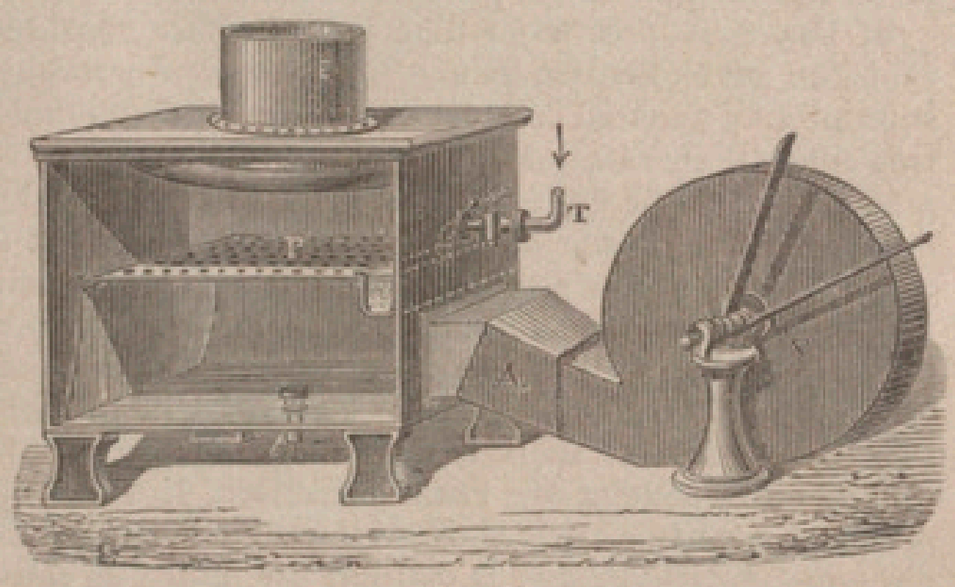


Fig. 7.

Il est facile maintenant de se rendre compte de la marche de l'appareil.

L'air appelé de l'extérieur et envoyé par un ventilateur pénètre dans la chambre basse, tend à passer à travers la plaque et à soulever la couche d'eau qui la surmonte.

Divisé par les orifices, il arrive en présence du liquide sous forme de filets très-déliés qui, au milieu du volume relativement considérable d'eau fraîche, lui abandonne la presque totalité de sa chaleur et se trouve ainsi ramené à une température très-voisine de celle de l'eau.

Dans le cas qui nous occupe, la division extrême de l'air et son passage dans une masse de liquide sont les deux points caractéristiques du système.

Il nous reste à compléter la description en parlant des appareils destinés à fournir l'air et l'eau.

Ventilateur. Le ventilateur est mis en action soit par une machine spéciale, soit, dans l'industrie, par l'arbre de couche au moyen d'une courroie.

Le débit du ventilateur est essentiellement variable, suivant la capacité des locaux où l'on veut rafraîchir l'air; il peut être réduit à 1,000 mètres cubes à l'heure ou bien s'élever jusqu'à 25,000 mètres cubes et entre ces deux extrêmes, il est facile de donner satisfaction à toutes les exigences.

Eau. Le rafraîchissement sera d'autant plus sensible que l'atmosphère extérieure présentera sur l'eau employée un plus grand excès de température. L'air rafraîchi a généralement au sortir de l'appareil une température qui surpasse en moyenne de 1° à 1° 1/2 celle de l'eau. On ne saurait donc, en été, compter sur les eaux de la surface pour provoquer un refroidissement notable. Il faudra recourir à l'eau de puits qui est + 12° ou + 13°. Dans ce cas, il sera facile d'abaisser de + 30° à + 15° la température de l'air.

D'ailleurs il est évident que le rafraîchissement dépendra de la quantité d'eau employée. L'épaisseur de la couche de liquide peut varier de 5 millimètres à 15 millimètres; la vitesse d'écoulement peut changer avec l'inclinaison de la plaque : il y a là plusieurs indéterminées que l'expérience permettra de fixer de la façon la plus économique suivant les résultats qu'on désire obtenir

L'élévation de l'eau est obtenue au moyen de pompes actionnées par la même machine que le ventilateur.

Dans des expériences faites en juillet 1874, une petite machine verticale suffisait largement à faire marcher le ventilateur et les pompes; l'appareil fournissait par heure 1,000 mètres cubes d'air rafraîchi, à une température de 13° 1/2 en moyenne, alors que la température initiale de l'air était de 21° à 22°.

La plaque du rafraîchisseur mesurait 1 mètre sur 0,80 et la surface correspondant aux trous était le 1/9 de la surface totale ; la quantité d'eau employée était d'environ 1,200 litres. La machine aurait pu suffire à un débit cinq ou six fois plus considérable.

Si l'on voulait disposer d'un volume d'air considérable, on peut admettre qu'une machine de 8 chevaux suffirait à un appareil complet qui débiterait 25,000 mètres cubes d'air rafraîchi par heure en exigeant à peu près l'élévation de 20 à 25 mètres cubes d'eau.

Il n'est pas inutile de répondre dès maintenant à une objection qui se présente naturellement. L'air doit entraîner mécaniquement une certaine quantité d'eau pulvérisée. N'y a-t-il pas là un inconvénient qui, pour certaines industries, peut être fort grave? Une disposition simple figurée dans le dessin de l'appareil, prévient l'entraînement de l'eau pulvérisée. Il suffit de placer en avant de l'orifice du tuyau de départ un diaphragme métallique que le courant est obligé de contourner avant de pénétrer dans le tuyau. L'air ne conserve alors que la quantité de vapeur d'eau nécessaire à sa saturation à la température qu'il possède. L'excès d'eau se dépose contre les parois et retombe sur la plaque. Ce résultat a pu être directement constaté dans des expériences exécutées à la brasserie de Montrouge; les tuyaux parcourus par l'air rafraîchi ne présentaient à l'intérieur aucune trace d'humidité après plusieurs heures de marche et les poussières qu'ils contenaient étaient aussi nettes et aussi sèches qu'au début.

Il est facile de se rendre compte de la quantité d'eau nécessaire pour produire un abaissement de température donnée d'un volume d'air donné.

La chaleur spécifique de l'oxygène est 0,2182; celle de l'azote est 0,2440. Le produit de la chaleur spécifique par la densité est pour le premier 0,2412 et pour le second 0,237. Ces produits sont proportionnels aux quantités de chaleur qui élèveraient de 1° la température de l'unité de volume de ces gaz : pour obtenir ces quantités elles-mêmes il suffit de multiplier ces nombres, par le rapport du poids d'un litre d'air au poids d'un litre d'eau, soit par $\frac{1}{773}$.

On trouve ainsi que la quantité de chaleur qui élève de 1° la température d'un litre d'oxygène est 0,000312 calorie et un litre d'azote 0,0003066 calorie. Par suite l'on peut admettre qu'un litre d'air dans les mêmes conditions exigerait 0,0003076 calorie. S'il s'agit d'un mètre cube d'air dont la température s'élève ou s'abaisse d'un degré, la quantité de chaleur gagnée ou perdue sera 0,3076 calorie; pour 1,000 mètres cubes, elle serait égale à 307,6 calories.

Considérons le cas où il faudrait ramener de + 25° à + 15° un volume de 1,000 mètres cubes. La différence des températures extrêmes est de 10° et le volume d'air devra perdre 3076 calories. Si nous prenons de l'eau à + 12°, et si nous admettons que cette eau à la sortie de l'appareil se trouve à la même température que l'air, soit 15°, le nombre de litres d'eau nécessaires pour absorber les 3076 calories de l'air sera égal *théoriquement* à

$$\frac{3076}{3} = 1025^{l},33.$$

Si l'on voulait ramener l'air à + 14°, ou + 13°, les quantités de chaleur perdue et les volumes d'eau nécessaires seraient dans chaque cas :

+ 14° ... 3383,6 calories 1691,8 litres d'eau.
+ 13° ... 3691,2 calories 3691,2 »

On voit qu'il n'y a pas avantage pratique à chercher à ramener l'air à une température aussi voisine que possible de celle de l'eau. Il faut ajouter que ces résultats sont purement théoriques et que nous n'avons nullement tenu compte de l'élévation de température due à la compression de l'air, aux frottements soit dans les tuyaux, soit à travers la plaque; enfin que nous n'avons pas fait intervenir la durée du contact du liquide et les effets de saturation de l'air.

Dans les expériences dont nous avons précédemment parlé, il suffisait de 1,200 litres d'eau pour abaisser de 9 à 10° la température de 1,000 mètres cubes d'air. Cette proportion nous paraît admissible en général.

Emploi de l'eau pulvérisée. La pulvérisation mécanique de l'eau est le moyen le plus certain de rendre très-grandes les surfaces de contact pour saturer l'air, et de refroidir toutes les parties susceptibles de vaporiser des traces d'air, mais en entraînant beaucoup d'eau avec l'air, ce qui est rarement un inconvénient. C'est la disposition employée avec succès par Colladon pour ses compresseurs d'air à haute pression.

Dans l'étude qui a précédé celle-ci, on a raisonné comme si l'eau agissait comme un corps quelconque non vaporisable, refroidissant l'air seulement par conductibilité. C'est ce qui aurait lieu si l'air arrivait au contact avec l'eau, saturé d'eau, état qu'il n'atteint presque jamais, et dont il est toujours fort éloigné dans les circonstances où l'on peut songer à employer un rafraîchisseur d'air.

L'air, n'étant pas saturé, arrive à cet état quand il est mis en contact avec l'eau par des surfaces étendues; il y a par suite vaporisation de la quantité d'eau mélangée à l'air pouvant le saturer et chaleur absorbée mesurée par la chaleur latente correspondante. Le calcul est facile à faire pour chaque cas particulier, à l'aide du tableau (Voy. HYGROMÉTRIE) donnant le poids de vapeur d'eau renfermé dans un mètre cube d'air saturé à diverses températures.

Calculons un exemple hypothétique. Soit l'air extérieur à 20° à demi-saturé, renfermant par suite 16,78 . 2 = 8,49 d'eau par mètre cube, à ramener à 10°; il renfermera à sa saturation 9ᵍ,50, c'est-à-dire 1ᵍ,1 de plus, dont la chaleur latente est 0.0011 × 550 = 0ᶜ,6, soit la quantité nécessaire pour diminuer de 2° la température d'un mètre cube d'air.

On voit dans l'exemple précédent que s'il a fallu 1,200 litres pour abaisser de 10° la température de 1,000 mètres cubes d'air, si l'air était dans les conditions de saturation admises dans l'exemple ci-dessus, un seul kilogramme a produit par son évaporation un abaissement de température de 2°, pendant qu'il en a

fallu 1,199 autres pour produire l'abaissement de 8° par simple conductibilité.

Lorsque l'air est très-sec, cette action d'évaporation devient beaucoup plus grande, et l'action de conductibilité devient inutile. En projetant l'eau, sur le passage de l'air, en jets traversant de petits orifices, l'air se chargera d'eau en se refroidissant.

Supposons l'air à 20° chargé seulement de 1/5 de celle que produit la saturation, soit 3 grammes par mètre cube; à 10° il pourra en renfermer $9,5 - 3 = 6^{g},5$, dont la chaleur latente est $0,0065 \times 550 = 3^{c},75$. soit plus grande que celle ($0,306 \times 10$) nécessaire pour diminuer la température de 10°, et cela en projetant seulement $6^{k},5$ d'eau pour 2,000 mètres cubes d'air!

Dans la pratique, on sera toujours bien loin de ces chiffres théoriques, mais ils seront toujours très-faibles et pourront servir de point de départ pour des appareils très-avantageux dans des circonstances déterminées.

Compression de l'air. La compression directe de l'air pour produire la ventilation à l'air comprimé, exigeant un rafraîchissement correspondant, au moins, au travail mécanique exigé par cette compression, la sortie de l'air refroidi sous pression à la température ambiante, pour le moins, produira un abaissement de température que l'on peut rendre très-grand, en augmentant la compression et la réfrigération par l'eau, de l'air comprimé.

On a établi sur ces principes de puissants appareils de refroidissement de l'air, destinés à des applications où le but à atteindre est d'obtenir une température constante et peu élevée, et non de produire de la glace, comme dans les brasseries. Si la dimension des appareils doit les rendre peu avantageux pratiquement, leur principe n'est pas absurde théoriquement, quand il s'agit seulement de rafraîchissement d'air à des températures très-inférieures à celle ambiante. Nous donnons à l'article PRODUCTION DU FROID, *Complément*, l'indication des moyens plus parfaits adoptés aujourd'hui par l'industrie pour produire rapidement le refroidissement par l'évaporation des liquides, ou en employant la glace fabriquée à l'aide de semblables appareils.

REGISTRES (RELIURE DES). Depuis le commencement de ce siècle, la fabrication des registres a fait de tels progrès qu'elle n'est plus reconnaissable. La couture, l'endossure, la couvrure, tout a changé; c'est aujourd'hui un art nouveau.

En France, du temps des maîtrises, les relieurs seuls étaient en possession de fabriquer les registres; ce droit leur avait été longtemps contesté par les papetiers, mais les statuts et règlements de 1750, par lesquels la communauté des relieurs et doreurs de livres avait été définitivement constituée, avaient donné gain de cause à ceux-ci, et le droit des papetiers s'était trouvé réduit à la confection et à la vente des registres de papier blanc, *seulement brochés avec papier tortillé et bouts de cuir.* Quant aux relieurs, ils étaient tenus de relier les registres comme les livres, *avec vrais nerfs.*

Et, de fait, la reliure des registres resta longtemps semblable à celle des livres; elle n'en différait généralement que par la peau qui servait à en couvrir le carton; c'était presque toujours du parchemin ou de la basane passée en mégie.

On pratiquait cependant pour les registres un second mode de fabrication, la reliure lyonnaise. Celle-ci n'était en réalité qu'un véritable emboîtage dans un portefeuille formé de trois morceaux de carton, un pour le dos et deux pour les plats; quelquefois on y ajoutait un recouvrement comme aux reliures orientales. Le dos du livre était plat, les cahiers se cousaient sur double ficelle, on les tranchefilait solidement, et quand le registre était préparé, et que, d'un autre côté, le portefeuille était couvert, on les fixait l'un à l'autre par le dos au moyen d'attaches introduites sous les nervures

et traversant des trous pratiqués au poinçon dans le dos du portefeuille. Les bouts des nerfs étaient passés en même temps dans les cartons des plats, comme on le fait dans la reliure. Quand tout tenait solidement ensemble, on cachait les trous et les attaches par des pattes en peau d'une couleur tranchant sur celle de la couverture. Ces pattes, en même nombre que les nerfs, embrassaient, chacune dans sa longueur, le dos et la moitié de chacun des plats; elles se fixaient sur le carton par des lacets qui entraient dans des trous symétriquement percés, et en ressortaient alternativement en produisant des dessins de passementerie qui servaient d'ornement au volume.

Toutes ces méthodes n'existent plus guère que dans les souvenirs; de nouveaux besoins ont amené un nouveau mode de reliure, et l'on s'étonnera peu de ce progrès si l'on considère que la comptabilité a pris, depuis quelques années, une extension extraordinaire par l'augmentation des affaires commerciales et par l'établissement de ces entreprises colossales de banques, d'assurances, de chemins de fer, d'usines, etc., que dans sa fièvre de gain notre époque élève partout. Il a donc fallu créer des registres beaucoup plus gros, et en même temps beaucoup plus larges, pour contenir les nombreuses colonnes, multipliées aujourd'hui presque à l'infini par suite de l'adoption générale des parties doubles et de la méthode du livre de raison de Quinet, ainsi que du journal-grand-livre.

Pour l'intelligence des progrès de la fabrication des registres depuis un demi-siècle, nous ne pouvons nous dispenser d'entrer dans quelques détails techniques.

C'est à partir de 1807, époque de l'adoption des parties doubles dans la comptabilité du Trésor public, que plusieurs maisons de Paris commencèrent à introduire quelques changements dans leur fabrication. L'ancienne reliure à nerfs et à dos fixe, semblable à celle des livres, fut abandonnée et remplacée par la reliure à la grecque à dos brisé, dans laquelle le dos de la couverture est collé non sur le dos des cahiers, mais sur une forte carte introduite entre le volume et la peau de la couverture, disposition qui rend le dos des cahiers indépendant du dos extérieur, et lui donne la facilité de se mouvoir sans déformer celui-ci. Mais en adoptant la méthode suivie par les relieurs de livres pour le dos brisé, on y fit les additions qu'exigeaient la grosseur des registres et la fatigue qu'ils devaient supporter. A la ficelle des nerfs on substitua une forte corde, l'endossage se fit à la colle-forte au lieu de colle de pâte, et le dos fut tenu plus arrondi. A la place d'une simple carte pour soutenir le dos de la couverture, on forma un *faux dos* composé de plusieurs feuilles de carte collées l'une sur l'autre et courbées sur un mandrin, pour bien embrasser la forme du dos du registre. Ce faux dos fut même fait en métal; le papetier Delaville importa, en 1807, le dos en tôle inventé en Angleterre quelques années auparavant, par Williams, de Londres; procédé breveté de perfectionnement en 1808, au nom de MM. Cabany, cessionnaires du brevet de Delaville. Bientôt on renonça au désastreux usage de la grecque, qui, empiétant sur le fond des feuilles, serrait le dos des cahiers et en rendait l'ouverture incomplète.

Une fois entrée dans la voie du progrès, la fabrication des registres marcha toujours en s'améliorant. Le grand succès des registres Cabany excita l'émulation, et, en 1812, Clément, de Paris, obtenait un brevet de dix ans pour un *procédé nouveau de registres à dos brisé.* Son invention consistait en un faux dos en carte, soutenu intérieurement par des bandes de tôle mince laminée. Ce fut lui qui introduisit la couture sur deux rubans destinés à être collés l'un dessus les cartons des plats, l'autre dessous. L'expérience a constaté la supériorité des rubans employés comme nerfs, et ils

sont aujourd'hui d'un usage général, comme le meilleur mode de nervure pour attacher les cartons au volume.

Deux ans après, un autre brevet de dix ans était accordé à M. Sastre, dit Brunet, papetier à Lyon, pour des *registres à dos flexible*. Nous ne pouvons mieux exposer l'invention de M. Sastre qu'en transcrivant la description qu'il en donne lui-même : « Les cahiers sont « cousus sur quatre nerfs, recouverts chacun de deux « rubans de fil, qui sont passés dans la couverture, et « qui sont assujettis par trois ouvertures... Le faux dos « est de carton mince, dans lequel sont logés trois res- « sorts, qui se trouvent tendus quand le livre est fermé, « et qui reprennent leur position naturelle quand il est « ouvert. Ces ressorts, en prenant cette dernière posi- « tion, resserrent les deux côtés du dos, qu'ils tiennent « dans une position courbée, de manière à rendre plat « l'endroit où s'ouvre le registre.

« Le faux dos tient au registre au moyen de trois ru- « bans de fil qui passsent par-dessus les ressorts et dans « leurs extrémités, percées à cet effet ; ces rubans sont « assujettis à la couverture au moyen de trois trous, « dans lesquels ils entrent. Le faux dos recouvre de « deux millimètres de chaque côté les bords du carton « de la couverture; il est recouvert en entier par une « bande de parchemin collée sur le faux dos et sur les « bords de la couverture, à la largeur de deux centi- « mètres; deux cartons minces collés en dedans des « couvertures cachent tous les nerfs, et rendent l'ou- « vrage propre et solide; les gardes sont collées par- « dessus ces cartons..... »

L'invention de M. Sastre était réelle, c'était l'ouverture facile du registre, due à la force des ressorts revenant sur eux-mêmes. On voit aussi dans ce brevet le principe de plusieurs perfectionnements introduits depuis, principalement le faux dos avançant sur les cartons qu'il embrasse, et la doublure en carton mince.

En 1818, un autre fabricant, M. Ney, de Paris, prit un brevet de cinq ans pour des *registres à dos en cuir*, couture sur rubans, et, en 1819, M. Astruc en reçut un pour des *registres à dos élastiques perfectionnés*. Quant à ce dernier, il est douteux que l'expérience ait réalisé les espérances de l'auteur, si son invention consistait seulement en ce qu'il annonce dans sa description, c'est-à-dire en un faux dos en carton, et des nerfs composés de chanvre simplement filé, dont les brins étaient réunis en plus ou moins grand nombre, suivant la grosseur du volume.

Déjà, en 1814, un habile ouvrier lyonnais, nommé Dareau, avait, dit-on, imaginé de remplacer par des nerfs formés de plusieurs petites ficelles juxtaposées les nerfs de grosse corde auxquels, dès 1812, Clément avait substitué les doubles rubans ; et l'on croit que ce fut ce même Dareau qui, le premier, appliqua les faux dos, comme on le fait généralement aujourd'hui au moyen de deux toiles, l'une collée en dehors du faux dos, l'autre en dedans. Ce serait à lui aussi que serait due la première pensée d'éloigner davantage du faux dos les cartons de la couverture, éloignement qui, en donnant plus de largeur à la charnière, procure au registre une ouverture plus facile.

On voit que, si chaque brevet nouveau n'amenait pas toujours un perfectionnement aussi important que l'annonçaient les inventeurs, il révélait souvent des améliorations de détail qui devaient profiter plus tard à l'industrie; car, si le monopole du brevet retarde quelque temps l'emploi général d'un procédé utile, il offre des avantages certains. En même temps qu'il dédommage l'inventeur, il excite l'émulation, et, comme sa durée est limitée, il rend plus tard au domaine public ses perfectionnements et ses découvertes, lorsqu'ils ont reçu l'épreuve du temps et de l'expérience.

Bien que nous ne trouvions pas de brevets nouveaux depuis celui de 1819 jusqu'en 1850, ce long intervalle de temps ne laissa pas stationnaire l'industrie des registres.

REGISTRES.

Vers 1825, M. Sat, successeur de la maison Cabany, introduisit dans sa fabrication l'usage des doubles cartons. Jusqu'alors les plats des registres n'étaient formés que d'un carton simple, et si le brevet de M. Sastre, de Lyon, qui doublait les couvertures d'un carton mince collé entre le carton épais et les gardes, a pu donner à M. Sat l'idée de son double carton, la manière dont celui-ci a combiné les deux cartons le constitue véritablement inventeur de ce procédé.

M. Sat composait chacun des deux plats de ses registres de deux feuilles de carton superposées, l'une mince, c'était celle de dessous, et l'autre plus épaisse. Il tenait celle-ci moins large que la feuille mince, et comme les bords affleuraient du côté de la tranche, il en résultait du côté du dos, entre celui-ci et le carton épais, une véritable rainure.

Cette rainure permettait de donner au faux dos plus de largeur que n'en avait le vrai, les bords du faux pouvant se loger dans la rainure quand le volume était ouvert, ce qui donnait au vrai dos ou dos des cahiers plus de liberté pour se développer au moment de l'ouverture du registre.

La solidité gagnait aussi à cette combinaison des deux cartons. A l'exemple de Clément, M. Sat formait chaque nerf de deux rubans supperposés, dont il collait l'un sur le carton mince, l'autre dessous.

C'était aussi le carton mince qui servait à fixer le faux dos, sur les deux bords duquel étaient pratiquées plusieurs fentes dirigées dans le sens de la longueur du volume, et dans ces fentes on faisait passer des rubans; les bouts de ces rubans sortaient en dedans du faux dos, et le milieu en était collé à l'extérieur de celui-ci. Les bouts des rubans se fixaient à la colle sur le carton mince.

Pour achever cette reliure, il ne s'agissait plus que d'appliquer le carton épais sur le carton mince, et de recouvrir le tout d'une peau.

Il est bon de remarquer aussi que cette *couvrure* se faisait en trois morceaux de peau; l'un couvrait le faux dos et les bords du carton mince de chaque côté du dos, les deux autres morceaux de peau étaient employés à couvrir les deux feuilles de carton épais, que l'on appliquait sur le carton mince en les collant bien affleurées du côté de la tranche; de ce même côté, la peau excédant le bord du carton fort se repliait et se collait sous le carton mince, ce qui assurait l'adhérence parfaite des deux feuilles l'une sur l'autre. Ajoutons qu'au moment où l'on collait la peau sur le dos extérieur et sur les bords du carton mince, on avait soin de replier sous les bords du faux dos un centimètre de peau, que l'on conservait libre de carton, et qui formait charnière.

L'exécution de cette reliure exigeait beaucoup de soin, mais c'était un vrai progrès, puisqu'elle donnait aux registres une très-grande solidité et une ouverture plus complète.

Plusieurs des manipulations nouvelles introduites par cette reliure sont restées dans la fabrication, et l'encartage de M. Sat est encore désigné dans plusieurs ateliers sous le nom de *reliure francaise*.

Pendant que la France cherchait chaque jour à perfectionner la reliure des registres, l'Angleterre, de son côté, n'était pas demeurée oisive. Entrés les premiers dans la voie des améliorations par l'invention des dos métalliques de Williams, brevetés dès 1799, les Anglais ont fait moins de tentatives peut-être que les Français, si l'on s'en rapporte à la table de leurs patentes, mais les progrès n'ont pas été moins réels, et lorsqu'en 1832, un fabricant français, M. Willemsens, fit un voyage à Londres, il y trouva la reliure des registres non moins avancée que la nôtre, bien qu'un peu différente. Les registres qu'il en rapporta et qu'il dé-

monta ici pour en étudier la fabrication, lui fournirent un nouveau perfectionnement qu'il s'empressa d'adopter. C'est une bande de carte, large à peu près comme le tiers de la couverture, et qui se colle entre celle-ci et les gardes après avoir reçu les rubans des nerfs qui s'y fixent, comme M. Sat les fixait sur son carton mince. Est-ce le double carton du fabricant français qui a donné aux Anglais l'idée de leur encartage? Nous manquons de documents pour répondre à cette question.

Mais ce n'était pas dans cette carte elle-même que le perfectionnement consistait, c'était dans la manière de la poser, ainsi que le faux dos. Comme le carton mince de Sat, la carte anglaise dépasse du côté du dos le carton épais; mais tandis que le carton de Sat, en avançant sous le faux dos, ne dépassait pas les bords du vrai dos, et ne faisait, en réalité, que comprimer le registre auprès du dos et exigeait ainsi plus d'effort pour ouvrir le volume, la carte anglaise, au contraire, entre dans le faux dos un peu au delà de l'arête du vrai dos, et forme une espèce de levier qui, soulevant les cahiers au moment de l'ouverture, aide le dos à passer de la forme convexe à la forme concave, et devient ainsi le principe d'une ouverture plus facile.

C'est cette manière de fixer la carte et le faux dos que, par reconnaissance pour son origine, on nomme, en France, l'*encartage anglais*.

La méthode anglaise offre encore un autre avantage, c'est la facilité de couvrir le volume d'un seul morceau de peau, ce qui épargne une partie des manipulations minutieuses et difficiles de la méthode à double carton.

Aujourd'hui une grande partie des fabricants a su combiner heureusement les procédés anglais avec les perfectionnements français, et le double carton français se marie parfaitement avec la carte anglaise.

N'oublions pas qu'une des conditions qui facilitent l'emploi de cette carte, c'est qu'elle soit divisée en trois morceaux, celui du milieu ou le plus long se collant sur le carton, et les deux autres dans l'intérieur de la garde.

C'est de l'introduction de l'encartage anglais que date la supériorité de nos registres. Disons pourtant que cet encartage a un défaut : les bandes de toile que les Anglais placent à cheval sur l'intérieur des plats et sur la première feuille opèrent sur celle-ci, quand on ouvre le registre, une traction qui la fait lever ainsi que les feuillets suivants.

Depuis M. Willemsens, les fabricants français ont cherché constamment à améliorer leur travail. La couture et l'endossure ont été rendues plus solides; mais le perfectionnement le plus utile, et que nos voisins ne nous paraissent pas avoir encore adopté, est certainement la méthode, aujourd'hui générale parmi nous, de doubler chaque cahier, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, par une bande de percaline très-fine qui soutient le fil de la couture et l'empêche d'élargir le trou de l'aiguille et de déchirer le papier.

La rigidité des dos a paru aussi à quelques fabricants un obstacle à une ouverture facile. Et vers 1852 M. Sy a pris un brevet pour des dos flexibles. Dans son système, le faux dos est formé de deux feuilles de bois, dit de boissellerie, courbées au mandrin comme les dos de carton, la feuille de dedans est fendue dans toute sa longueur et de toute son épaisseur, mais, comme cette solution de continuité, en donnant plus de flexibilité au dos, lui donne aussi plus de fragilité, l'inventeur consolide son faux dos en le garnissant à l'intérieur de plusieurs bandes d'acier placées transversalement comme les ressorts de Sastre, et dont l'élasticité se prête à la flexibilité qu'il veut obtenir.

Les registres construits dans le système de M. Sy présentent, en effet, une ouverture très-facile.

A ne considérer que les soins apportés partout maintenant, dans les bons ateliers, à la couture, à l'endossage et à tous les détails de la confection des registres, on pourrait regarder cette fabrication comme arrivée à sa perfection. Il reste encore pourtant un problème à résoudre, celui que l'on cherche depuis plus de trente ans et qui, peut-être, est insoluble avec la méthode des dos rigides, quelque flexibles qu'on puisse les faire : c'est l'ouverture plane sur toutes les parties du volume. Sans doute aujourd'hui on semble l'avoir obtenue, mais ce n'est, en réalité, qu'à une seule place, le milieu juste du registre. Lorsque les feuilles ouvertes se trouvent en nombre égal de chaque côté de l'ouverture, le plan des deux folios du milieu qui se regardent est parfaitement horizontal, et on peut y tracer une ligne à la règle sans y rencontrer de dépression ni de soubresaut; mais tournez vingt feuilles de plus, et l'un des deux côtés bombera vers le fond des cahiers, la règle alors ne touchera plus. On peut, il est vrai, écrire dans le fond, mais alors il faut que la main change la direction de la plume et fasse un effort pour que l'écriture conserve la même pente et la même fermeté que sur la partie plane de la feuille.

Un autre problème reste également à résoudre, bien qu'on soit déjà parvenu, il faut le reconnaître, bien près de la solution : c'est l'union de la solidité avec la facilité d'ouverture et de fermeture. Quelque bien cousu, quelque bien endossé que soit un registre, lorsqu'il est d'une certaine épaisseur, il finit toujours par se déformer par l'usage, non qu'il se brise tout à fait, mais le dos se déjette, la tranche devient irrégulière et il perd, par cela même, une partie de sa solidité. MERLIN.

RÉGLEMENTATION DES TIROIRS. La réglementation des tiroirs des machines à vapeur a pour objet de coordonner les mouvements des tiroirs avec ceux des pistons, et d'en régler les proportions relativement à celles des orifices d'entrée ou de sortie de la vapeur, de manière à faire commencer la détente, introduire la vapeur motrice dans le cylindre et en faire sortir la vapeur devenue résistante, lorsque le piston se trouve en des points déterminés de sa course.

Pour bien comprendre les considérations relatives au mouvement des tiroirs, il est nécessaire de connaître les excentriques au moyen desquels on produit ces mouvements.

Des excentriques employés pour la manœuvre des tiroirs. Les tiroirs de distribution, dans les machines à double effet, sont commandés par des excentriques circulaires, des excentriques à cames ou des excentriques triangulaires.

Les uns comme les autres sont placés sur l'axe de rotation du volant, ou en reçoivent le mouvement par transmission, sans modification de vitesse angulaire, de sorte qu'ils exécutent, dans tous les cas, un demi-tour par course simple du piston.

Excentrique circulaire. Cet excentrique, avec son tirant (Voir BIELLE), peut être assimilé au système d'une manivelle dont le bras, qu'on nomme *rayon d'excentricité*, serait la plus grande distance de l'axe à la circonférence du disque, et d'une bielle dont la longueur serait la distance de l'extrémité de ce rayon à l'axe du bouton menant le tiroir.

Le disque circulaire est *calé* sur l'arbre du volant au moyen d'une clef en fer forgé.

Enfin, dans les machines à balancier et les machines horizontales, l'axe du tirant est disposé horizontalement; dans les machines verticales sans balancier, il est disposé verticalement, de sorte que le tiroir est aux extrémités de sa course quand le rayon d'excentricité est horizontal dans les premières et vertical dans les autres.

Effets du calage de l'excentrique. Supposons maintenant que le *calage* de l'excentrique ait été effectué de telle sorte que le rayon d'excentricité soit sur le pro-

longement du rayon de la manivelle du volant sur les deux premières classes de machines, et perpendiculaire au même rayon dans la dernière, il résulte de ce qui précède que le tiroir sera aux extrémités de sa course quand le piston sera au milieu de la sienne et qu'il sera au milieu de cette même course quand la machine sera aux *points morts*.

Mais si l'excentrique est calé sur son arbre de façon que le rayon de la manivelle fasse avec le prolongement du rayon d'excentricité dans le premier cas, ou avec sa perpendiculaire dans le second, un angle qui est toujours aigu, le tiroir aura de l'*avance* sur le piston et arrivera, par exemple, au milieu de sa course, quand le piston aura encore à parcourir une certaine fraction de la sienne: nous nommerons cet angle aigu, *angle de calage*.

Excentriques à cames. Nous avons décrit à l'article DÉTENTE les excentriques à cames servant à faire mouvoir les tiroirs suivant une loi déterminée. Nous y renverrons.

L'excentrique à cames paraît avantageux dans les machines à mouvements lents, tandis que l'excentrique circulaire est seul admissible pour les grandes vitesses: mais l'inconvénient que celui-ci présente de ne laisser les lumières d'admission de la vapeur complétement ouvertes que pendant un instant, aurait dû engager à peu l'employer pour les machines fixes.

Définitions et notations relatives à la construction des tiroirs. Posons maintenant quelques définitions : nous continuerons à nommer *lumières d'admission* les canaux à section rectangulaire A A, A'A' (fig. 1) par lesquels

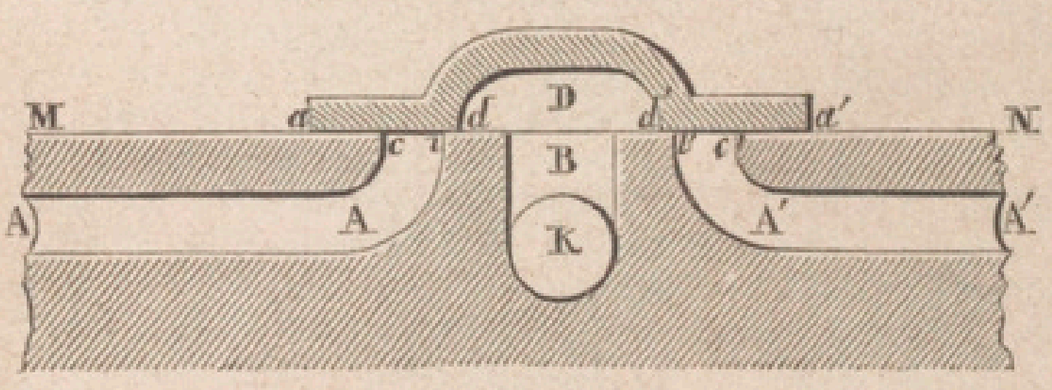


Fig. 1.

la vapeur se rend alternativement à l'une ou à l'autre des extrémités du cylindre, en observant toutefois que chacune de ces lumières sert successivement à *l'échappement* de la vapeur résistante pendant que l'autre sert à l'introduction de la vapeur motrice, et nous nommerons spécialement *lumière d'échappement* le canal B par lequel la vapeur résistante est conduite au tuyau d'évacuation K, lorsque le *creux* D du tiroir embrasse à la fois ce canal et l'un des précédents. Les lignes droites projetées en *c* et *c'* sont les *côtés extérieurs* des lumières A et A' ; *i* et *i'* en sont les *côtés intérieurs* : les droites projetées en *a* et *a'* sont les *arêtes extérieures* des *rebords* ou *bandes ad, a' d'* du tiroir.

Cela posé, supposons que le tiroir, dans la position relative qu'indique la figure, soit au milieu de sa course: si les arêtes extérieures du rebord tombent au delà des côtés extérieurs des lumières d'admission, le tiroir est à *recouvrement extérieur* ; il est à *recouvrement intérieur* lorsque les arêtes intérieures, dans la position relative précitée, sont en deçà des côtés correspondants des mêmes lumières.

Course directe et course inverse du piston. Nous nommerons encore *course directe* du piston celle pendant laquelle la vapeur motrice agit du côté de sa tige, et *course inverse* la suivante : de plus, nous supposerons que, dans la course directe, la vapeur motrice arrive au cylindre par la lumière A.

Enfin, nous désignerons par :

h la largeur $c\,i = c'\,i'$, des lumières d'admission ;
R le recouvrement extérieur ;
r le recouvrement intérieur ;

RÉGLEMENTATION DES TIROIRS.

l la course totale du tiroir ;
s l'*excentricité*, c'est-à-dire la différence entre le plus grand et le plus petit rayon vecteur de l'excentrique.

Relations de grandeurs entre les parties d'un tiroir, sa course et les lumières d'admission. On aura

$$l = s\,.\,k,$$

k étant le rapport dans lequel la transmission de mouvement de l'excentrique modifie la course du tiroir, rapport qui peut être égal à l'unité si l'on fait abstraction des flexions des tiges et du jeu des articulations, qui sont négligeables dans toute machine bien construite et convenablement entretenue, et si l'on suppose d'ailleurs que les deux lumières d'admission soient alternativement ouvertes tout entières, ce qui doit avoir lieu également, on observera que, quand le tiroir est au milieu de sa course, il a encore à parcourir, pour découvrir entièrement une des lumières d'admission, un chemin égal à $h + R$; d'où il résulte qu'en général

$$l = 2\,(h + R) = s\,k.$$

Opérations relatives à la réglementation des tiroirs. Nous rappellerons que, dans la course directe du piston, la lumière A sert à l'introduction de la vapeur motrice et, d'un autre côté, que le tiroir, quand il n'a pas d'avance sur le piston, atteint le milieu de sa course au moment précis où le piston est à l'extrémité de la sienne.

Supposons d'abord le piston arrivé à une faible distance de l'extrémité de sa course inverse : la lumière A est en communication avec la lumière d'échappement B et le tiroir se meut en sens contraire du piston; l'espace que celui-ci doit encore parcourir, et l'espace nuisible du même côté, sont remplis de vapeur à la pression du condenseur ou de l'atmosphère, pression que nous désignerons désormais par P'. Si la lumière A n'était fermée qu'au moment où doit commencer la course directe (ce qui arrive nécessairement quand le tiroir n'a ni avance ni recouvrement intérieur), l'espace nuisible causerait une perte de travail égale à D dans chaque seconde, et, de plus, pendant tout le temps nécessaire pour remplir cet espace de vapeur motrice, celle-ci n'agissant presque pas sur le piston, la course directe ne commencerait qu'en vertu de l'inertie du volant qui aurait à vaincre, outre celle du piston et des autres pièces à mouvements alternatifs, la résistance totale de l'usine, les frottements et, en outre, la résistance de la vapeur de la course inverse. Or, il est très-important d'éviter cette circonstance, car, outre le ralentissement qui en résulte nécessairement dans le travail, comme les bielles et les manivelles sont à peu près en ligne droite, pendant tout le temps précité, ces pièces, leurs supports et les tiges subiraient des réactions brusques et considérables qui les exposeraient à la rupture ou au moins à une déformation rapide par voie de flexion, de vibration ou d'usure.

Utilité du recouvrement intérieur. — Période de compression. Si le tiroir présente un recouvrement intérieur, il masquera la lumière A avant que le piston soit arrivé à la fin de sa course inverse, de sorte que pendant tout le reste de cette course, il comprimera devant lui la vapeur résistante et, au moment où devra commencer la course directe, tout l'espace nuisible, au lieu d'être à la pression P' sera à une pression P_0 supérieure à P'. Ainsi, la perte de travail moteur due à l'espace nuisible, sera d'autant plus réduite que P_0 différera moins de P.

On ne pourra pas dans la pratique rendre ces deux pressions égales, mais on devra chercher à augmenter jusqu'à une certaine limite l'étendue de la période de compression de la vapeur résistante.

Utilité de l'avance du tiroir pour la période de compres-

sion. A cet effet, on pourrait allonger le recouvrement intérieur, mais cette augmentation ayant des inconvénients qui seront signalés plus loin, on préfère donner de l'avance au tiroir par un calage convenable de l'excentrique. Alors le piston ayant encore à parcourir une certaine portion de sa course quand le tiroir est au milieu de la sienne, la longueur de la période de compression est due à la fois au recouvrement intérieur et à l'avance du tiroir.

Observations. Avant d'aller plus loin, nous devons prévenir une objection fondée sur ce que le travail de la compression serait dépensé en pure perte pour l'effet utile de la machine, en observant qu'il est indifférent que ce travail soit effectué à l'origine de la course par la vapeur affluant dans l'espace nuisible, ou vers la fin de la course inverse par l'intermédiaire du piston : mais il ne faut pas omettre que celui-ci, pendant qu'il comprime la vapeur résistante, transmet réellement moins de force motrice au dehors. Pour obvier au ralentissement de vitesse qui en résulterait, on est obligé d'augmenter les dimensions du volant, et c'est par cette considération que doit être limitée l'étendue de la période de compression, qui cesserait d'être avantageuse si l'accroissement de la masse du volant qui en résulte, devenait égal à celui qu'exigerait sans cette compression l'inertie du piston et des autres pièces alternatives.

Avance à l'admission. L'inconvénient qui résulte pour la conservation de la machine, du temps que la vapeur motrice emploie à remplir l'espace nuisible, tandis que le système est aux points morts, est déjà sensiblement diminué par la compression précitée; mais, pour le faire disparaître entièrement ou à peu près, il est indispensable que la vapeur motrice arrive dans l'espace nuisible avant que le piston ait atteint l'extrémité de sa course. Aussi, dans les bonnes machines de construction récente, donne-t-on de l'avance à l'admission, c'est-à-dire que le piston a encore, par exemple, quelques millimètres de sa course inverse à parcourir quand le tiroir, marchant en sens contraire, découvre la lumière A qui produit l'admission dans la course directe. Au moyen de cette *avance*, on peut obtenir que l'espace nuisible soit à la pression normale de la vapeur motrice au moment où la machine atteint les points morts, et alors l'inertie du volant est puissamment aidée par cette pression pour renverser le mouvement du piston.

Avance à l'échappement. Considérons la course directe et observons que la vapeur de la course inverse, lorsque la lumière A' est mise par le tiroir en communication avec la lumière d'échappement B, ne prend pas instantanément la pression du condenseur ou de l'atmosphère; or, si, pendant le temps nécessaire pour que cet équilibre de pression s'établisse, le piston commençait sa course directe, il rencontrerait une pression résistante plus grande que dans tout autre instant, ce qu'il est important d'éviter, puisque alors la machine est aux points morts. A cet effet, l'on proportionne la course du tiroir et le recouvrement intérieur de façon qu'avec l'avance due à *l'angle de calage* de l'excentrique on obtienne l'échappement de la vapeur un peu avant que le piston n'ait atteint l'extrémité de sa course, ce qu'on appelle *donner de l'avance à l'échappement.* On perd ainsi une portion seulement du travail moteur que la vapeur aurait produit en continuant à se détendre pendant le reste de la course du piston, tandis que l'on gagne, dans la course suivante, une quantité de travail à très-peu près égale, par l'affaiblissement de la contre-pression.

Remarquons maintenant que la vitesse avec laquelle la vapeur résistante s'échappe, dépend, pour une même ouverture de la lumière A', de l'excès de la pression qui se produit dans le cylindre sur celle du condenseur ou de l'atmosphère; de sorte que, plus cet excès de pression est faible (et l'on voit qu'il ne doit jamais être nul), plus

RÉGLEMENTATION DES TIROIRS.

l'avance à l'échappement doit être grande; aussi, dans les machines à basse pression, produit-on quelquefois l'échappement lorsque le piston a encore à parcourir 1/15 de sa course. D'un autre côté, plus le mouvement de la machine est rapide, tout étant égal d'ailleurs, plus il faut augmenter cette avance, car une portion considérable de la course inverse du piston pourrait être employée à chasser devant lui la vapeur résistante; dans les locomotives, on fait ordinairement commencer l'échappement quand il reste à parcourir 1/20 environ de la course directe du piston. Pour les machines à haute ou moyenne pression et à condenseur des usines, dans lesquelles la vapeur ne se détend pas ordinairement au delà de 1/6 de sa tension primitive, la proportion de 1/30 paraît suffisante. Afin de faciliter la diminution de pression occasionnée par l'échappement de la vapeur, on donne assez souvent à l'entrée de la lumière B d'échappement une hauteur presque double de celle des lumières d'admission.

Il nous reste maintenant à ajouter quelques mots relatifs aux recouvrements.

Effets des recouvrements relativement à la détente. L'excès de la longueur des rebords ou bandes du tiroir sur la hauteur des entrées des lumières d'admission permet d'obtenir, avec un excentrique circulaire, une détente plus ou moins prolongée. C'est surtout par le recouvrement extérieur qu'on produit cet effet; mais il n'est guère possible d'augmenter ce recouvrement au delà d'une valeur très-limitée, car il faudrait, comme il est facile de s'en assurer, un recouvrement intérieur trop grand pour éviter, même sans avance à l'admission, une avance à l'échappement trop considérable : avec ce recouvrement intérieur, en effet, la lumière par où s'écoule la vapeur résistante serait masquée trop tôt, et la période de compression atteindrait des proportions nuisibles. Il en résulte que l'on ne peut guère, au moyen d'un tiroir simple ordinaire mu par un excentrique circulaire, faire durer la détente pendant plus du quart de la course du piston et que, pour obtenir une détente plus prolongée, il faut ajouter au tiroir de distribution un appareil qui intercepte à volonté la communication entre la boîte de distribution et la chaudière.

Avec les excentriques à cames, on peut, au contraire, obtenir une détente aussi prolongée qu'on le désire au moyen du tiroir seul, et avec un très-faible recouvrement extérieur : mais alors le minimum de la détente est invariablement fixé par le tracé de l'excentrique, ce qui exige, lorsque la résistance de l'usine n'est pas sensiblement constante, qu'on en emploie plusieurs de tracés différents. (Voy. MACHINES A VAPEUR.)

En définitive, la combinaison la plus avantageuse est celle d'un appareil de détente variable avec un tiroir simple ou double servant seulement à distribuer la vapeur, ainsi qu'à en régler l'action. C'est celle qui a prévalu dans la construction des machines fixes et des locomotives.

Application des notions relatives à la réglementation des tiroirs. Ces notions étant acquises, on peut avoir à les appliquer à deux problèmes différents, savoir :

1° Déterminer l'angle de calage de l'excentrique, les recouvrements et la course du tiroir, nécessaires pour régler convenablement l'action de la vapeur dans une machine en projet.

2° Trouver, dans une machine à vapeur existante, les valeurs des périodes d'admission, de détente et de compression; l'avance à l'échappement et l'avance à l'admission.

Nous indiquerons la marche à suivre pour résoudre les deux problèmes ci-dessus énoncés auxquels donne lieu la réglementation des tiroirs, et décrirons les divers procédés graphiques employés à partir de celui proposé par MM. Fauveau et Reech et adopté par la marine militaire.

Marche à suivre pour régler le tiroir de distribution d'une machine en projet. Prenons pour exemple le cas d'une machine sans balancier, qui est le plus fréquent aujourd'hui. On connaîtra la course L du piston et l'on se donnera à priori celle du tiroir qui ne doit pas dépasser 0m,150 pour les machines de moyenne force et

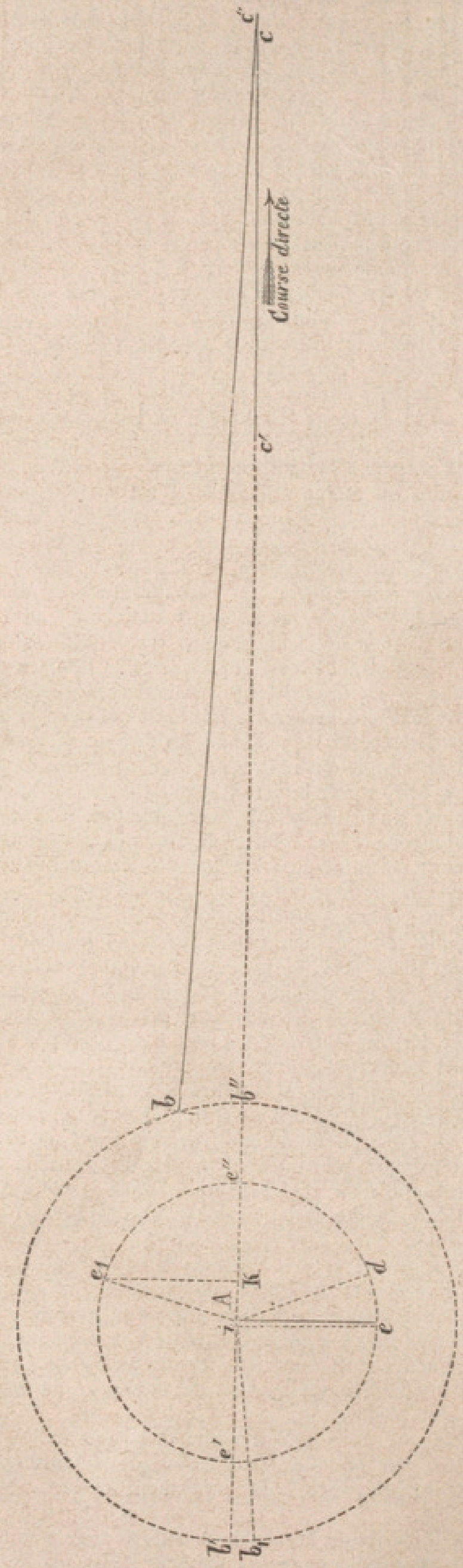


Fig. 2.

0m,200 pour les grandes. Cela posé, on tracera, à une grande échelle : 1° le cercle A *b' b b'* (fig. 2) engendré par le rayon A *b* de la manivelle et de la course *c' c"*

RÉGLEMENTATION DES TIROIRS.

du piston que l'on regardera comme confondue avec celle de l'extrémité *c* de la bielle en faisant abstraction de la longueur de la tige, ce qui ne changera rien aux résultats qu'il s'agit d'obtenir; 2° le cercle A *e' e e"* engendré par le rayon d'excentricité de l'excentrique, à une échelle multiple de la précédente et aussi grande que possible : l'on aura soin de construire à la première échelle toutes les longueurs qui se rapportent au mouvement du piston et à la seconde toutes celles qui se rapportent au mouvement du tiroir. Les positions du rayon A *b* de la manivelle se déduiront facilement de celles du piston ou du point *c* et réciproquement, au moyen de la longueur *b c* de la bielle. On déterminera de même, si l'on veut, les positions du rayon de l'excentrique par rapport à celles du tiroir ou réciproquement, connaissant la bielle d'excentrique; mais, dans la plupart des cas, cette bielle étant plus de vingt fois le rayon d'excentricité, on peut regarder sans erreur notable les chemins parcourus par le tiroir comme égaux aux projections des arcs décrits dans le même temps par l'extrémité de ce rayon, sur le diamètre *b' b"* parallèle aux courses du tiroir et du piston. Cela posé, on se donnera, d'après l'expérience, un des éléments de la réglementation, et l'on arrêtera, par exemple, que le piston doit encore avoir à parcourir 1/30 de la course directe L, lorsque l'échappement commence. Prenant, en conséquence, sur *c' c"* une longueur $c'' c = \frac{L}{30}$ on en déduira la position A *b* de la manivelle, correspondante au moment où va commencer l'échappement de la vapeur motrice. En cet instant, le tiroir, marchant en sens inverse du piston, doit avoir dépassé sa position moyenne d'une quantité égale au recouvrement intérieur *r*; prenant donc sur le diamètre *b' b"*, A *i* = *r* et menant à *b' b"* la perpendiculaire *i e*, qui coupe la circonférence *e e' e"* en *e*, on obtiendra la position A*e* du rayon d'excentrique, correspondante à celle A *b* du bras de la manivelle. Supposons qu'il s'agisse d'une machine à cylindre horizontal; dans ce cas, l'avance de l'excentrique sera l'angle A *e d* du rayon A *e* avec la perpendiculaire A *d* à la manivelle A *b*. Cet angle étant ainsi déterminé, on se donnera l'avance à l'admission, en décidant, par exemple, que le piston doit être à 1/300 de sa course inverse quand le tiroir, marchant en sens contraire du piston, a dépassé sa position moyenne d'une quantité égale au recouvrement extérieur : prenant donc $c' a = \frac{L}{300}$, on en déduira comme à l'ordinaire la position correspondante A b_1 de la manivelle et, par suite, au moyen de l'angle *d* A *e*, la position A e_1 du rayon d'excentricité; enfin celle-ci fera connaître par la projection K de l'extrémité e_1 de ce rayon, le recouvrement extérieur A K = R du tiroir. La hauteur *h* des lumières d'admission s'en déduira par la relation $l = 2(h + R)$.

Il faudra vérifier ensuite : 1° si cette valeur de *h* permet de bonnes proportions pour ces lumières; 2° si la période de compression résultant de ces diverses données a une étendue convenable en remarquant qu'au moment où commence cette période, le tiroir, marchant en sens inverse du piston, est encore éloigné de la moitié de sa course, d'une quantité égale au recouvrement intérieur; 3° si la proportion de la détente est suffisante. Lorsque les résultats obtenus ne satisfont pas à ces conditions, il faut recommencer les opérations graphiques en partant d'autres données.

EMPLOI DE LA COURBE EN ŒUF.

Étude de la réglementation d'une machine existante. Supposons que, par une série d'opérations effectuées, comme nous l'indiquerons plus loin, on ait obtenu les distances successives d'une arête du tiroir à un re-

père fixe dans les deux courses consécutives du piston, et les chemins respectivement parcourus par celui-ci à partir de l'origine de sa course directe, quand le tiroir est arrivé aux positions relatives précitées: on construira une courbe O P O' P' (fig. 3) ayant

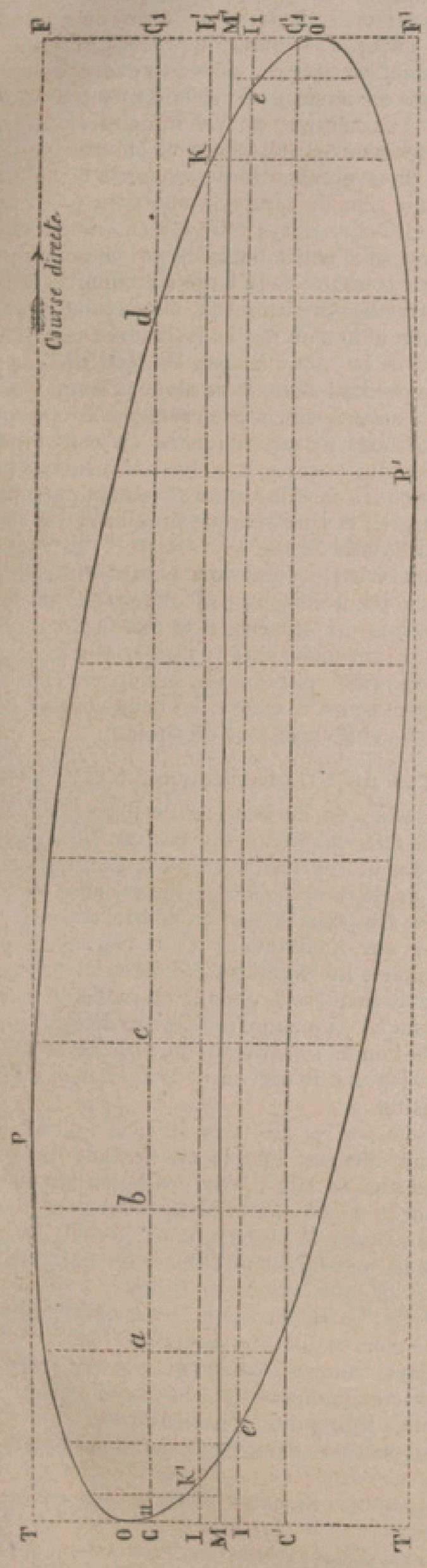


Fig. 3.

pour abscisses les chemins successivement parcourus par le piston et pour ordonnées les distances correspondantes du tiroir au repère fixe. Cette courbe, continue et fermée, représentera la loi du mouvement d'un point ou d'une arête *quelconque* du tiroir par rapport à celui du piston; les tangentes T F, T' F' parallèles aux abscisses comprendront entre elles une distance T T' égale à la course du tiroir et les tangentes F F', T T' perpendiculaires aux premières, seront à une distance réciproque égale à la longueur L de la course du piston; enfin la ligne M M' menée par le milieu M de T T' parallèlement aux abscisses rencontre la courbe en des points qui correspondent aux positions moyennes du tiroir.

On voit déjà que, si le point M se confond avec le point de contact O de la courbe et de sa tangente TT', cette coïncidence apprend que le tiroir est au milieu de sa course quand le piston est à l'origine de la sienne, et, par conséquent, que l'avance de l'excentrique est nulle; il en est de même des points O' et M'; comme, d'ailleurs, le calage de l'excentrique est connu à priori par le lever de la machine, cette observation peut fournir un moyen de vérifier le tracé de la courbe. Si les points O et M ne coïncident pas, comme cela a lieu dans la figure, on en concluera que le tiroir a déjà dépassé sa position moyenne d'une quantité M O quand le piston est à l'origine de sa course directe et d'une longueur M' O' lorsque le piston commence sa course inverse: en traduisant ces avances du tiroir en angles au moyen de la construction précédemment indiquée, on devra obtenir deux résultats égaux entre eux et à l'angle de calage de l'excentrique, qui, pouvant d'ailleurs être connu par le lever de la machine, fournira une vérification du tracé de la courbe.

A partir de l'origine O de sa course directe, le piston marche vers O' et le tiroir, continuant à se déplacer dans le même sens qu'auparavant, arrive à l'extrémité de sa course quand le piston a parcouru un chemin égal à l'abscisse du point supérieur P de la courbe; cette course du tiroir avait d'ailleurs évidemment commencé quand le piston, dans sa course inverse, avait encore à parcourir un chemin égal à l'abscisse du point inférieur P'; ainsi, l'arc P' O P de la courbe correspond à celle des deux courses du tiroir qui s'exécute de T' en T pendant la dernière partie de la course inverse du piston et le commencement de sa course directe. Dans la portion T' O de ce trajet du tiroir, il se meut en sens contraire du piston; pendant qu'il effectue le reste O T de la même course, le piston se meut dans le même sens que lui. A partir de la position du système désignée par le point P, le tiroir rétrograde; l'arc PO' P de la courbe correspond à une course totale du tiroir qui doit, en conséquence, être comptée de F en F', et a lieu pendant la dernière partie de la course directe du piston, ainsi qu'au commencement de la suivante.

Cela posé, proposons-nous, par exemple, de déterminer les circonstances de l'admission relatives à la course directe, c'est-à-dire par la lumière A (fig. 1): on regardera la courbe comme représentant particulièrement la loi du mouvement relatif de l'arête extérieure *a* du tiroir, et l'on remarquera qu'au milieu de sa course, cette arête est à une distance du côté *c* de la lumière d'admission, égale au recouvrement extérieur: menant donc entre M et T (fig. 3) à une distance de MM' égale à ce recouvrement, une parallèle CC_1 à cette ligne, on aura, sur le plan de la courbe, la position relative invariable du côté *c* de la lumière A. Cette parallèle CC_1 coupe la courbe en un premier point *n*, et ce point étant au-dessous de celui O qui correspond à l'origine de la course directe du piston, il en résulte que l'arête *a* est en coïncidence avec le côté *e* de la lumière A, c'est-à-dire que l'admission par cette lumière commence quand le piston, dans sa course inverse, est encore à une distance C*n* de l'extrémité de cette course ou de l'origine de la suivante; cette distance C*n* est donc réellement l'avance à l'admission, relative à la course directe. A partir de la position qui nous occupe, l'arête *a* du tiroir marchant toujours vers la tangente supérieure T F, c'est-à-dire vers l'extrémité de sa course, découvre de plus en plus l'orifice d'admission A, et si l'on considère la portion de courbe *n* O P comprise

RÉGLEMENTATION DES TIROIRS.

entre son point supérieur P et le point *n*, on voit que les distances des différents points de cet arc *n* O P à la ligne C C_1 sont les grandeurs successives de l'ouverture de l'orifice d'admission considéré.

Le second point d'intersection *d* de la ligne CC_1 avec la courbe correspond au moment où l'arête *a* du tiroir se retrouve en coïncidence avec le côté extérieur *c* de la lumière d'admission : dans le trajet du piston égal à la distance entre les ordonnées des points P et *d*, cette lumière s'est fermée graduellement et les hauteurs successives de l'ouverture restante sont les distances des points de l'arc P *d* de la courbe à la ligne CC_1. Le point *d* correspond évidemment au moment où commence la détente proprement dite, et la longueur de la période de détente est égale à *d* C_1 diminuée de celle de la période d'avance à l'échappement. Pour obtenir celle-ci, il faut considérer la courbe comme exprimant la loi du mouvement de l'arête intérieure *b* du tiroir, et remarquer que l'échappement est sur le point de commencer lorsque cette arête, marchant en sens contraire du piston et, d'après les considérations précédentes, de F vers F', arrive en coïncidence avec le côté intérieur *i* de la lumière A, c'est-à-dire lorsque le tiroir a dépassé sa position moyenne d'une quantité égale au recouvrement intérieur. Par conséquent, si l'on trace en dessous de M M' une parallèle I_1 I à cette ligne à une distance M' I_1 égale au recouvrement intérieur, le premier point de rencontre *e* de cette parallèle avec la courbe correspondra à la coïncidence précitée, et la longueur I_1 *e* sera celle de l'avance à l'échappement. La période de détente aura donc lieu pendant une portion de la course directe du piston égale à *d* $C_1 = I_1$ *e*.

Il nous reste à déterminer, pour ce qui regarde cette course, la période de compression de la vapeur résistante. Or, cette période commence où l'arête intérieure *b'* du tiroir arrive en coïncidence avec le côté intérieur *i'* de la lumière A'; ou, en d'autres termes, quand le tiroir marchant en sens inverse du piston et, sur la figure 3, de F vers F', est encore éloigné du milieu de sa course d'une longueur égale au recouvrement intérieur. On regardera donc la courbe comme représentant la loi du mouvement relatif de l'arête *i'* et l'on tracera, à une distance I'_1 M' de la ligne M M', une parallèle I'_1 I' à cette droite; le premier point d'intersection K de cette parallèle avec la courbe correspondra évidemment au commencement de la période de compression dont la longueur sera I'_1 K.

On déterminera très-facilement de la même manière toutes les circonstances de la réglementation pendant la course inverse du piston, circonstances indiquées d'ailleurs sur la figure.

Détermination des coordonnées de la courbe de réglementation. Il nous reste à dire comment on obtient les coordonnées d'autant de points que l'on veut, de la courbe qui vient de nous occuper. Il y a d'abord un moyen bien simple qui consiste à faire, d'après le lever de la machine, une figure des liaisons géométriques du système de transmission de mouvement, diviser le cercle décrit par la manivelle en parties égales, et tracer, à l'aide du rayon de cette manivelle, du rayon d'excentrique et des bielles, la figure précitée, pour chacune de ces divisions ; on obtiendra ainsi les chemins successifs du tiroir et du piston correspondants aux angles égaux décrits par la manivelle et comme la mesure de l'angle de calage de l'excentrique permet de déterminer la position du tiroir à l'origine de la course du piston, c'est-à-dire l'ordonnée du point de la courbe de réglementation dont l'abscisse est égale à zéro; ce premier point étant déterminé, tous les autres s'ensuivront.

Mais la mesure de l'angle de calage est difficile à effectuer exactement, et, d'ailleurs, le jeu des articulations peut introduire une différence entre les courses réelles et celles qui résultent d'un tracé géométrique : on fera donc bien, toutes les fois que cela sera possible, d'observer sur la machine elle-même les chemins simultanément décrits par le tiroir et le piston. A cet effet, on choisira un moment pendant lequel cette machine ne fonctionne pas et, si l'on n'a pas le dessin des parties intérieures de la boîte de distribution, on en fera enlever le couvercle; on exécutera ce dessin, on amènera, en agissant à bras sur le volant, le piston à l'origine de sa course directe, on tracera sur la tige du tiroir une ligne de repère assez éloignée de la droite pour rester constamment à l'extérieur, et l'on inscrira la distance exacte de cette ligne à l'arête du tiroir la plus voisine. Cela fait, on peut replacer le couvercle de la boîte de distribution.

Le piston étant toujours à l'origine de sa course directe, on notera la distance de la ligne de repère précitée à la face extérieure de la boîte à étoupes de la tige du tiroir, on tracera sur la tige du piston une ligne de repère semblable et l'on en notera la distance exacte à la face extérieure de la boîte à étoupes de cette tige. Après ces opérations préliminaires, il est clair qu'il n'y a plus qu'à amener successivement le système à un certain nombre de positions parmi lesquelles on comprendra l'extrémité de chaque course, soit du tiroir, soit du piston, et à inscrire les chemins successivement parcourus par les deux tiges : la course totale du tiroir, les coordonnées de la courbe de réglementation et le tracé de cette courbe en seront déduits sans aucune difficulté. Il n'est sans doute pas nécessaire d'ajouter qu'on doit faire exécuter au volant un tour entier, et que le tracé de la courbe sera d'autant plus exact que les stations successives du piston seront plus rapprochées entre elles : en général, il faudra pour l'ensemble des deux courses, considérer au moins vingt positions du tiroir.

EMPLOI DE L'INDICATEUR DE WATT.

La vulgarisation de l'indicateur de Watt (Voy. DYNAMOMÈTRE) fait employer souvent un diagramme obtenu à l'aide de cet instrument par l'action même de la vapeur renfermée dans le cylindre, pour vérifier la distribution. Au point de vue du constructeur, il y a toujours, ainsi que nous venons de le voir, deux problèmes à résoudre. Le premier d'établir la distribution de la vapeur de manière à obtenir un mode de travail et par suite un diagramme d'indicateur déterminé; le second, vérification de son travail, doit lui permettre de revenir d'un diagramme obtenu par expérience à l'état de la distribution.

1. Etant données les positions du piston d'une machine au commencement et à la fin de l'admission, et au commencement et à la fin de l'émission du même côté du piston et dans deux courses successives; connaissant, d'autre part, la pression dans la chaudière, la pression dans le condenseur et l'espace nuisible, tracer le diagramme des pressions de la vapeur.

Marquons (fig. 4) sur la ligne de pression nulle O*f* (à une échelle convenable) les points :

d, où la détente commence dans la course directe ;

e, où l'émission commence dans la course directe;

f, où la course rétrograde commence ;

c, où la compression commence dans la course rétrograde;

a, où l'admission commence dans la course rétrograde;

b, où la course directe commence.

O *b* représente à l'échelle le volume de l'espace mort, c'est-à-dire que le rapport O *b* à *b f* est égal à celui de l'espace mort au volume engendré en une course.

Traçons les lignes correspondantes à ces divers points, et nous aurons: BD horizontale à *p* atmosphères de hauteur (à une échelle moindre que celle des volumes) au-dessus de la ligne de pression nulle; DE, arc d'hyperbole équilatère dont OY et O*f* sont les asymptotes; EF, ligne à

peu près droite; FC, horizontale à $\frac{1}{n}$ d'atmosphère au-dessus de la ligne de pression nulle ($\frac{1}{n}$ pression du con-

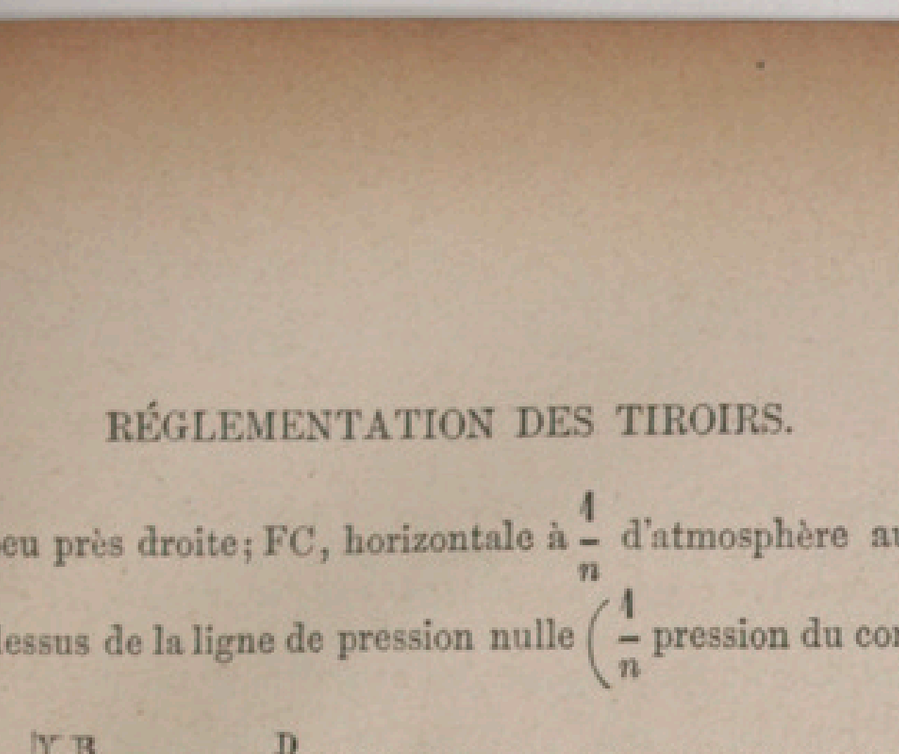


Fig. 4.

denseur); CA, arc d'hyperbole équilatère ayant les mêmes asymptotes que DE; AB, ligne à peu près droite.

Réciproquement, étant donné un diagramme semblable à celui que nous venons de construire dans la solution du problème précédent, c'est-à-dire la figure fournie expérimentalement par l'indicateur de Watt, trouver les positions du piston correspondantes aux instants où l'admission et l'émission commencent et cessent.

Ces positions sont indiquées par les abscisses des points A, D, E, C, et par suite les mesures prises sur la figure permettent de déterminer tous les éléments de la distribution.

EMPLOI DES CERCLES DE ZEUNER.

Un mode curieux de représentation des mouvements du tiroir a permis à M. Zeuner d'indiquer une nouvelle méthode pour les déterminer, et aussi un moyen intéressant de vérifier expérimentalement la distribution. Nous suivrons pour l'exposer l'ouvrage de M. Dwelshauvers-Dery, savant professeur de Liége, qui l'a résumée avec une grande lucidité.

Mouvement du tiroir. Étant donnés : l'angle ω décrit

RÉGLEMENTATION DES TIROIRS.

par la manivelle motrice d'une machine à vapeur à partir d'un point mort, ainsi que r rayon d'excentrique, l longueur de la bielle, δ avance angulaire, déterminer le chemin x décrit par le tiroir à partir de sa position moyenne (fig. 5).

Posons $OE = r$, $EM = l$, $OT = l$, T est la position moyenne du tiroir; $TM = x$; R_0O, E_0O positions initiales de la manivelle et de l'excentrique respectivement; $E_0OY = \delta$, $R_0OR = \omega$, $E_0OE = \omega$. On a, en négligeant l'obliquité de la bielle : $x = r \sin(\delta + \omega)$.

Appelons x' la distance du tiroir à sa position moyenne considérée comme positive, mais prise à gauche: alors ω' sera compté à partir du second point mort $x' = r \sin(\delta + \omega')$.

Proposons-nous de tracer le diagramme polaire des valeurs de x et x'.

Portez sur la direction OR de la manivelle $OC = x$ le lieu des points C est le diagramme cherché. C'est une espèce de 8 dont le grand axe est égal à $2r$.

Or, on a $OC = r \sin(\delta + \omega)$, à très-peu près. Si donc on fait $DOY = \delta$, alors $COD = \frac{\pi}{2} - (\delta + \omega)$, et par suite $\sin(\delta + \omega) = \cos COD$.

Donc $OC = OD \cos COD$.

On doit enfin conclure que l'angle DCO est droit, et que par suite le point C est sur une circonférence de cercle dont r est le diamètre, et dont le centre est placé sur une droite qui fait avec la verticale OY un angle δ du côté opposé à la position initiale du rayon d'excentricité. Et le lieu complet du point C, au lieu d'un 8, est composé de deux circonférences égales OAD (cercle supérieur ou des x) et OA'D' (ou cercle inférieur du tiroir ou des x'),

Remarque. Ces deux circonférences polaires sont exactement le diagramme polaire des distances de la projection B du point E, sur la droite OX, à sa position moyenne O.

En négligeant l'obliquité de la bielle, les avances linéaires A et A' correspondantes ont pour valeurs:

$\omega = 0$ $\qquad$ $A = r \sin \delta$,

$\omega = \pi$ $\qquad$ $A' = r \sin \delta$.

et par suite $OA = A$, avance linéaire directe, et $OA' = A'$, avance linéaire rétrograde.

Si l'on place un crayon à l'extrémité M de la bielle de l'excentrique perpendiculairement au plan de la figure, si l'on fait tourner à la portée de ce crayon, et dans un plan parallèle à celui de la figure, une feuille de carton autour de la position moyenne T du point M, avec une vitesse angulaire constamment égale à celle de la manivelle OR, le crayon tracera le diagramme po-

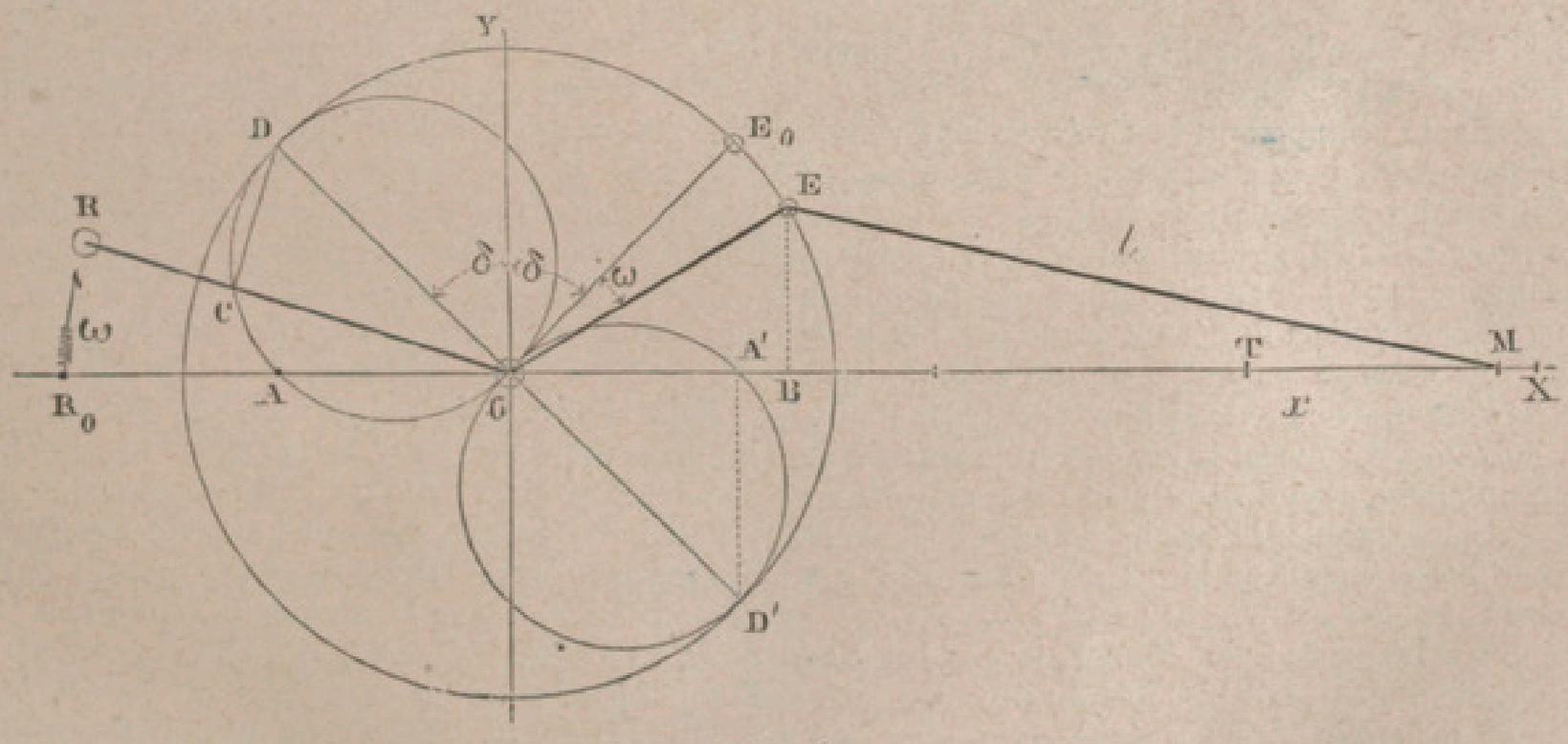


Fig. 5.

laire en forme de 8, dont nous avons parlé plus haut. Ce diagramme ressemblera d'autant plus aux deux cercles du tiroir que la tige d'excentrique sera plus grande comparativement au rayon d'excentricité.

Un pareil instrument est des plus précieux pour la vérification des distributions.

Conséquences. De l'examen des cercles du tiroir on déduit que :

1° A l'origine de la course, ou pour $\omega = 0$, le tiroir est à droite (nous supposons qu'il s'agit d'une machine horizontale à action directe) de sa position moyenne à une distance $OA = A = r \sin \delta =$ avance linéaire pour la course directe du piston (course de gauche à droite);

2° A partir de ce moment, le tiroir va en s'écartant de plus en plus de sa position moyenne vers la droite, ou bien x augmente jusqu'à ce que $\omega = \frac{\pi}{2} - \delta$;

3° Au moment où $\omega = \frac{\pi}{2} - \delta$, le tiroir est à son maximum d'écart vers la droite et à une distance de sa position moyenne égale à r, rayon d'excentricité;

4° A partir de ce moment, le tiroir va vers la gauche, se rapprochant de sa position moyenne, ou x diminue jusqu'à devenir nul;

5° Le tiroir arrive à sa position moyenne en allant vers la gauche (x devient nul), au moment où la manivelle a décrit un angle $\pi - \delta$ depuis son départ, ou, ce qui revient au même, au moment où la manivelle doit encore décrire un angle δ pour que le piston achève sa course directe;

6° Le tiroir va ensuite en s'écartant de plus en plus de sa position moyenne et vers la gauche, et les écarts que nous appelons x' doivent être mesurés sur le cercle inférieur;

7° A la fin de la course directe, ou au commencement de la course rétrograde, pour $\omega = \pi$ ou $\omega' = 0$, le tiroir est à gauche de sa position moyenne à une distance $OA' = A' =$ avance linéaire pour la course rétrograde du piston;

8° Le tiroir va en s'écartant de plus en plus de sa position moyenne vers la gauche à mesure que ω' grandit, jusqu'à ce que $\omega' = \frac{\pi}{2} - \delta$;

9° Au moment où $\omega' = \frac{\pi}{2} - \delta$, le tiroir est à son maximum d'écart vers la gauche, et à une distance r égale au rayon d'excentricité;

10° A partir de ce moment, le tiroir revient vers la droite se rapprochant de sa position moyenne, ou bien x' diminue jusqu'à devenir nul;

11° Le tiroir arrive à sa position moyenne en allant vers la droite, dans la course rétrograde du piston, au moment où la manivelle a décrit un angle $\omega' = \pi - \delta$;

12° Le tiroir va ensuite en s'écartant de sa position moyenne, et vers la droite, et les écarts, appelés maintenant x, doivent être mesurés sur le cercle supérieur.

Il reste à montrer, ce qui résulte au reste clairement de ce qui précède, comment l'emploi de ces cercles sert à déterminer les éléments de la distribution, conduit à la solution du problème suivant :

Étant donnés les cercles de Zeuner, tracer les diagrammes d'indicateur des deux côtés du piston.

Il suffira de rechercher les positions du piston correspondantes aux positions données de la manivelle pour 8 points: le commencement et la fin de l'admission, le commencement et la fin de l'émission, et cela pour chacune des lumières.

Nous renverrons, pour plus de détails sur cette question, à l'ouvrage cité plus haut, nous bornant à ce qui précède, sur la question de la réglementation des tiroirs mûs par des excentriques circulaires, auxquels des cames

diversement tracées sont souvent substituées, quand le tiroir lui-même n'est pas remplacé par des soupapes tendant à assurer des admissions et des émissions plus rapides que le tiroir. Dans les locomotives, toutefois, il serait difficile de remplacer les excentriques circulaires.

CONDUITE DES TIROIRS AVEC CHANGEMENT DE MARCHE. — DES COULISSES.

La nécessité du changement de marche et les conditions du service des locomotives ont conduit à l'emploi des coulisses pour le mouvement des tiroirs, ainsi qu'il a été dit à l'article LOCOMOTIVE. Nous allons voir comment elles permettent de fonctionner avec avance à l'échappement et la nature de mouvement qu'elles font prendre au tiroir. Rappelons auparavant comment elles sont construites.

Le système se compose de deux excentriques circulaires, montées inversement sur l'axe moteur, chacune conduisant une bielle articulée à l'une des extrémités d'une coulisse suspendue, d'une rainure dans laquelle s'engage la tête de la tige qui conduit le tiroir, coulisse que l'on peut abaisser ou élever à l'aide d'un levier, qui est à la portée du mécanicien.

C'est en raison des positions de ce levier que se modifie la distribution de la vapeur, et cela en changeant la position de la coulisse dans le sens vertical, et par suite le mouvement du tiroir. Il est facile d'analyser grossièrement comment se produit l'action de la coulisse pour effectuer le changement de marche et le repos, produire la détente qu'elle permet d'obtenir, en traçant pour les diverses inclinaisons du levier les positions extrêmes de l'oscillation de la coulisse par l'action des deux excentiques à mouvements inverses.

Considéré comme un système cinématique, l'ensemble de deux excentriques, deux bielles reliées à une coulisse, un coulisseau, une bielle et une glissière, est équivalent à un système plus simple uniquement composé d'un excentrique, d'une bielle et d'une glissière. Cela est vrai à peu près et sous certaines conditions, dont la première est que les bielles soient supposées sans obliquité, de longueur infinie.

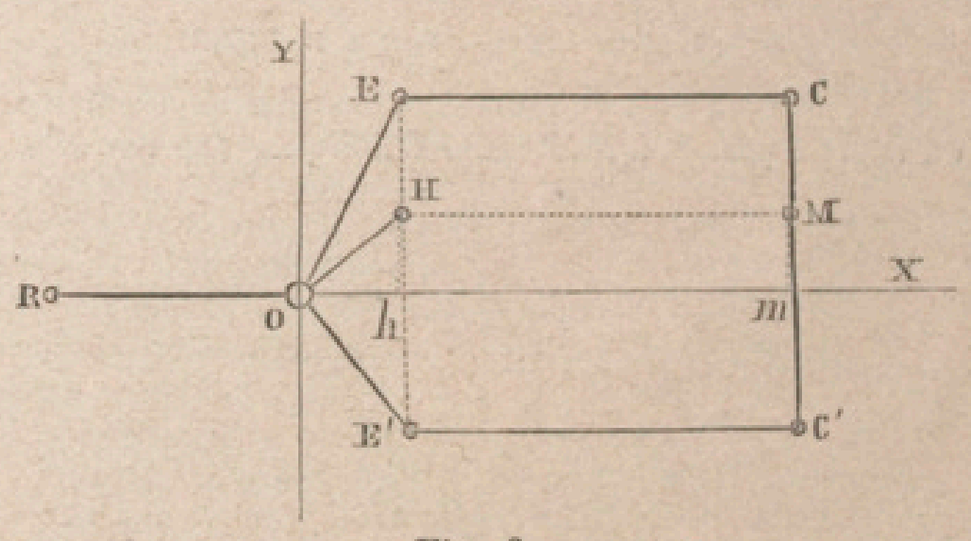


Fig. 6.

Soit M (fig. 6) le point mené de la coulisse et dont la projection m sur l'axe OX se meut absolument comme le tiroir. Par le point M, menons une droite CC' parallèle et égale à celle qui joint les extrémités E, E', des rayons d'excentricité réels, supposés dans leur position initiale, lorsque la manivelle est en OR. Puis menons les droites EC, E'C', MH et le rayon OH. D'après l'hypothèse, pendant tout le mouvement, les figures ECMH, HME'C', ECC'E' resteront toujours des parallélogrammes. Par suite, les projections m et h des points M et H sur l'axe OX resteront toujours à une même distance, égale à EC, l'une de l'autre. Donc, à un moment quelconque, le point M, que l'on peut considérer comme un point du tiroir, se trouve à une distance x de sa position moyenne, égale à la distance du point h au point O, qui est la position moyenne du point h. Or, si l'on néglige l'obliquité d'une bielle qui, rattachée à

l'excentrique OH, mènerait le tiroir, celui-ci se trouvera constamment à la même distance de sa position moyenne que le point *h* lui-même. Donc l'excentrique OH peut remplacer les deux excentriques OE, OE', il est par conséquent leur excentrique résultant, et le mouvement qu'il imprime au tiroir peut être étudié, comme ci-dessus, pour une position donnée de la coulisse.

Une coulisse réelle étant donnée (fig. 7) d'une lon-

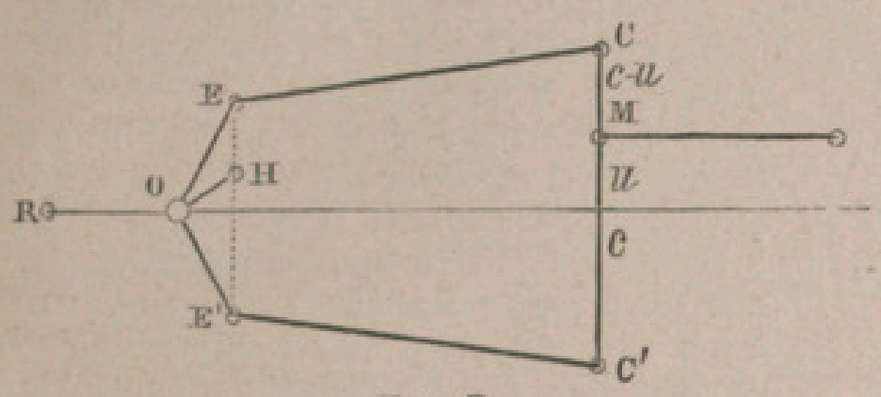


Fig. 7.

gueur $2c$; le coulisseau, placé à une distance $c - u$ de l'extrémité c et à une distance $c + u$ de l'autre extrémité c'; la droite cc' étant parallèle à EE'; si les barres d'excentriques ont une longueur assez grande comparativement à celle de la coulisse et des rayons d'excentricité, on trouvera, avec une approximation souvent suffisante en pratique, l'excentrique résultant OH en prenant le point H sur la droite EE', de manière que l'on ait la proportion

$$\frac{HE}{HE'} = \frac{c-u}{c+u}.$$

L'étude analytique des coulisses conduit, comme l'a montré M. Philips, à la détermination directe des valeurs de x et x' en fonction des éléments, pour les divers systèmes qui ont été proposés. Le calcul des valeurs du déplacement du point M, en raison des angles et des longueurs des bielles et des manivelles, conduit à la formule générale suivante pour la valeur de x, pour une avance du tiroir δ et pour un angle de rotation de l'axe ω:

$$x = r\left(\sin\delta + \frac{c^2-u^2}{d}\cos\delta\right)\cos\omega + r\frac{u}{c}\cos\delta\sin\omega. \quad (1)$$

Nous pouvons démontrer en partant de cette expression qu'il existe bien un seul excentrique $(r'\ \delta')$ qui, menant une bielle infinie, produirait exactement le même mouvement pour le tiroir. En effet, l'excentrique $(r'\ \delta')$ donnerait, ainsi qu'il a été vu ci-dessus, $r'(\sin\delta' + \omega)$ pour la valeur de x, ou

$$x = r'\sin\delta'\cos\omega + r'\cos\delta'\sin\omega. \quad (2)$$

Faisons

$$A = r\left(\sin\delta + \frac{c-u^2}{d}\cos\delta\right) \quad (3)$$

$$B = r\frac{u}{c}\cos\delta. \quad (4)$$

et les expressions (1) et (2) coïncident si l'on fait

$$\left.\begin{aligned} r'\sin\delta' &= A \\ r'\cos\delta' &= B \end{aligned}\right\} \quad r' = \sqrt{A^2 + B^2}.$$

Soit OH, cet excentrique fictif $(r'\ \delta')$.

Cherchons le lieu du point H dont les coordonnées sont :

$$A = r'\sin\delta'$$
$$B = r'\cos\delta'$$

en faisant varier u ou la position du coulisseau dans la coulisse. A cet effet, éliminons u entre les équations (3) et (4), et nous avons:

$$B^2 = r^2\cos\delta\left(\frac{l}{c}\sin\delta + \cos\delta\right) - \frac{rl}{c}\cos\delta\,A, \quad (7)$$

équation d'une parabole qui doit être substituée à la droite EE' de la figure 10. Cette parabole tourne sa *concavité* vers le point O.

Ce qui précède s'applique à la coulisse à barres ouvertes. En faisant le même calcul pour la coulisse à barres croisées, en changeant les signes de c et de u, on arrive à l'équation

$$B'^2 = r^2\cos^2\delta\left(-\frac{l}{c}\sin\delta + \cos\delta\right) + r\frac{l}{c}\cos\delta A,$$

c'est-à-dire à une parabole qui tourne sa convexité vers le point O.

Le mouvement qu'on obtient à l'aide d'une coulisse suit donc sensiblement la même loi que celui qu'on obtient de l'excentrique circulaire simple équivalent qu'on peut toujours déterminer.

RÉGULATEUR DE MACHINES (*all.* Regulator, *angl.* Governor). Une grande régularité de mouvement est, presque toujours, une condition essentielle d'une bonne fabrication. Si à une vitesse déterminée un outil fonctionne parfaitement, un fil est étiré et tordu dans les meilleures conditions, cette vitesse ne peut changer sans que l'opération industrielle ne soit effectuée dans des conditions défectueuses, sans que les objets fabriqués perdent de leur qualité. Cependant, en supposant que le travail soit fourni avec la plus grande régularité par la machine motrice qui met en mouvement tous les appareils d'une manufacture, les arrêts de travail incessants de tel ou tel opérateur, viendront faire varier à chaque instant les résistances et par suite la vitesse, au grand détriment de la perfection du travail, si un régulateur ne s'oppose pas à cet effet.

On distingue quatre genres de régulateurs:

1° Les régulateurs d'emmagasinement, servant à faire disparaître les variations périodiques de la puissance motrice;

2° Les régulateurs ou modérateurs, agissant sur la source du travail moteur pour diminuer sa production, de manière à ce qu'il soit constamment égal au travail résistant;

3° Les régulateurs de destruction, où cette égalité est obtenue en faisant croître les résistances; appareils qui ne sont évidemment admissibles d'une manière générale que pour des mécanismes légers et pour obtenir une très-grande régularité de vitesse;

4° Les systèmes qui par eux-mêmes ont un mouvement parfaitement régulier, et qui produisent ce même mouvement pour des mécanismes qu'ils servent à régler, ceux-ci étant disposés de manière à ne pouvoir altérer leur mouvement.

1° RÉGULATEUR D'EMMAGASINEMENT.

Volant. L'appareil régulateur par excellence, pour les variations périodiques de la force motrice, est le volant, qui emmagasine du travail par l'effet de l'inertie d'une masse considérable. Cette masse, disposée quelquefois aux extrémités de rayons, prend plus souvent la forme d'un anneau tournant rapidement autour d'un arbre central. La masse et la vitesse doivent être déterminées en raison de la quantité de travail, de la variation de force vive équivalente qui est nécessaire dans chaque période, pour une opération déterminée. Nous avons donné à l'article VOLANT, *Complément*, les résultats de la théorie et de la pratique pour les principales fabrications.

Nous avons vu, à MACHINE À VAPEUR, combien le volant était nécessaire dans les machines à rotation, pour régulariser l'action variable de la bielle et celle de l'impulsion du piston, surtout lorsqu'on emploie de longues détentes de la vapeur.

Le volant corrigeant les variations de vitesse en vertu de son inertie, devra être d'autant plus pesant et être mû avec une vitesse d'autant plus grande, que les écarts de la vitesse moyenne seront plus considérables; le tra-

vail du frottement des tourillons croîtra donc proportionnellement à ces écarts de la vitesse de régime. Toutes les fois donc que dans un même système on aura à utiliser successivement des forces motrices de grandeur très-différente, il n'y aura souvent aucun profit à employer les plus petites, vu que, outre les résistances passives qu'entraîne leur utilisation, pour produire un mouvement régulier elles nécessiteraient l'emploi d'un volant très-pesant, mû avec une grande vitesse, qui ferait naître un travail résistant nuisible de frottement. C'est le cas qui se présente lorsque l'on veut pousser

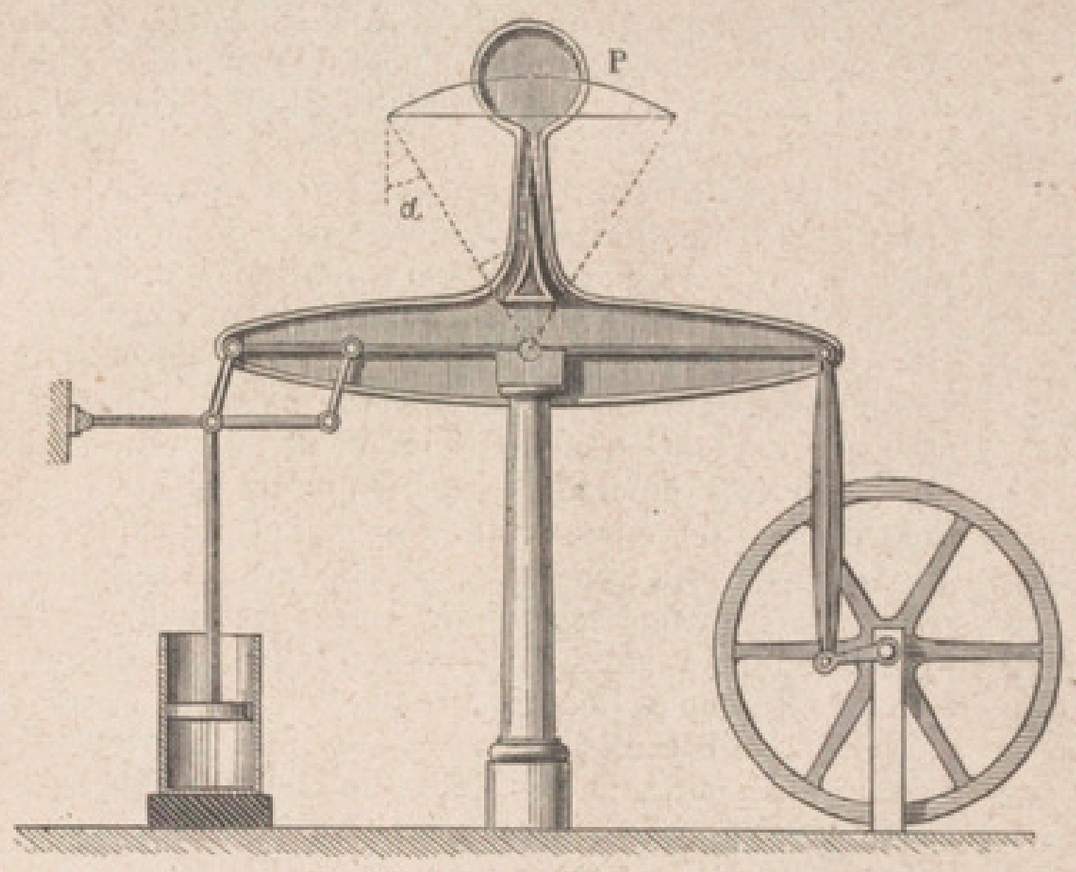


Fig. 1.

très-loin la détente de la vapeur dans le cylindre des machines à vapeur, et la principale cause de l'infériorité des machines à rotation comparativement à celles de Cornouailles, à mouvement alternatif, qui n'ont pas de volant, et dans lesquelles on emploie de longues détentes.

Contre-poids. Un poids élevé pendant la période du *maximum* et descendant pendant le *minimum*, est un régulateur comme le volant, mais n'ayant pas la puissance que communique à celui-ci sa grande vitesse. Employée souvent dans les petits mécanismes, cette addition d'une résistance, puis d'une puissance égale, lors du *maximum* et du *minimum*, pourrait aussi faciliter dans la machine à vapeur l'emploi de détentes considérables. Il nous paraît intéressant d'examiner avec quelques détails cette application, les mêmes principes permettant de se rendre compte de l'effet de la même disposition appliquée à tout mouvement alternatif de puissance variable.

Du mode d'action de la bielle qui fait tourner un volant, il résulte que la vapeur agissant à pression pleine, ce qui correspond alternativement au point le plus haut et le plus bas de la course de la bielle, fait parcourir au piston un espace moindre dans le même temps que vers le milieu de la course, lorsque la détente est déjà notable, et qu'enfin la vitesse du piston ne redevient très-faible qu'à la fin de la course, aux dernières limites de la détente.

Il résulte de ceci, tendance à l'accélération pendant la première partie du mouvement à pression pleine, et action retardatrice quand la détente est poussée un peu loin.

Il n'en serait plus ainsi, et l'effort exercé se rapprocherait de la pression moyenne de la vapeur, si le travail de la première partie de la course du piston était en partie consommé à élever un poids qui restituerait le travail emmagasiné, vers la fin de la course, quand la détente se prolonge, si surtout la variation de ce travail suivait un ordre inverse de celle du travail correspondant à un mouvement régulier de la manivelle, c'est-à-dire s'il était le plus grand quand il est *minimum* dans celle-ci. C'est ce qu'il nous paraît facile de réaliser.

Supposons qu'on adapte au balancier (fig. 1) une barre perpendiculaire à son axe, portant à son extrémité un poids P; ce poids montera et descendra par chaque oscillation double du balancier d'une hauteur H, égale au sinus-verse de l'angle décrit pour la verticale passant par le centre du poids, à droite et à gauche. La vapeur travaillant à pression pleine, soulèvera ce poids, et la détente se prolongeant, tout le travail PH, pris sur le travail de la vapeur à pression pleine, viendra s'ajouter à celui produit par la détente. Quant aux résistances que ferait naître cette disposition, elles sont évidemment minimes, se réduisant à une augmentation du frottement de l'axe autour duquel oscille le balancier, qui ne fait que des oscillations d'un arc de peu de degrés, et consomme par suite peu de travail par frottement.

On pourra obtenir graphiquement la représentation de l'effet de ce régulateur, pour corriger les excès de travail et déduire du tracé les dimensions convenables.

Prenons par exemple le cas d'une détente au cinquième

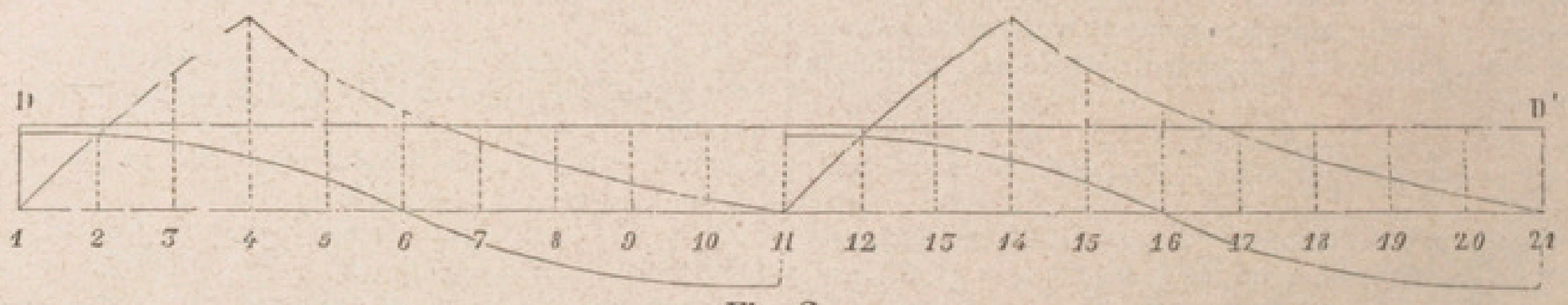


Fig. 2.

(fig. 2), et empruntons à Morin les courbes calculées pour ce cas, en admettant la loi de Mariotte.

Il est bien clair que ce seront les aires comprises entre la courbe et la ligne DD' du travail moyen, au-dessus et au-dessous de celle-ci, qui représenteront les quantités de travail moteur et de travail résistant causant les irrégularités que l'emploi d'un volant doit compenser.

Mais, d'après la disposition que nous avons indiquée, le poids régulateur agit comme le ferait la bielle d'une manivelle sur un petit arc, des deux côtés du point mort, et la longueur du chemin parcouru par l'angle décrit pour le poids agissant pendant toute la course étant représentée par la longueur de la circonférence décrite par le bouton de la manivelle, on pourra représenter de même par une aire de courbe, à une certaine échelle, le travail consommé et restitué successivement par la pesanteur, en prenant les mêmes abscisses que dans le tracé précédent. On voit clairement que le travail moteur de la bielle sera diminué dans les parties où il est en excédant, et augmenté dans celles où il est très-faible.

Il faut remarquer, toutefois, que le déficit est augmenté près du commencement de chaque oscillation du piston, aussi ne doit-on pas trop exagérer ce système (on peut

ne faire agir le contre-poids que après le commencement la course du piston). L'absence de travail utile à l'origine n'est toutefois un inconvénient que relativement à la résistance que le volant aura alors à surmonter, car d'ailleurs cette disposition donnerait aux machines à double effet quelque chose des avantages de celles de Cornouailles. En ayant soin en effet de donner de l'avance à l'admission, la vapeur rencontrerait la résistance additionnelle de la masse à mouvoir en sens contraire, de la même manière que les machines de Cornouailles entraînent un contre-poids à l'origine du mouvement. Comme dans ce cas, la pression dans le cylindre serait sensiblement égale à celle de la chaudière. Or, plus il en est ainsi, plus l'ébullition est tranquille, moins il y a d'eau entraînée avec la vapeur; mieux, en outre, au point de vue des contractions et résistances nuisibles, on tire parti du travail que peut fournir un poids donné de vapeur.

Ce système s'appliquerait facilement et utilement aux machines horizontales à longues détentes, à vitesses modérées, le contre-poids étant monté à l'extrémité d'un levier oscillant dans un plan vertical, que rencontrerait la tige du piston.

2° MODÉRATEURS.

Les régulateurs modérateurs permettent à une machine de se régler elle-même, de rendre le travail moteur toujours égal au travail résistant en déterminant un mouvement utilisé pour la fermeture ou l'ouverture d'organes spéciaux dans chaque cas, robinets, vannes, etc.

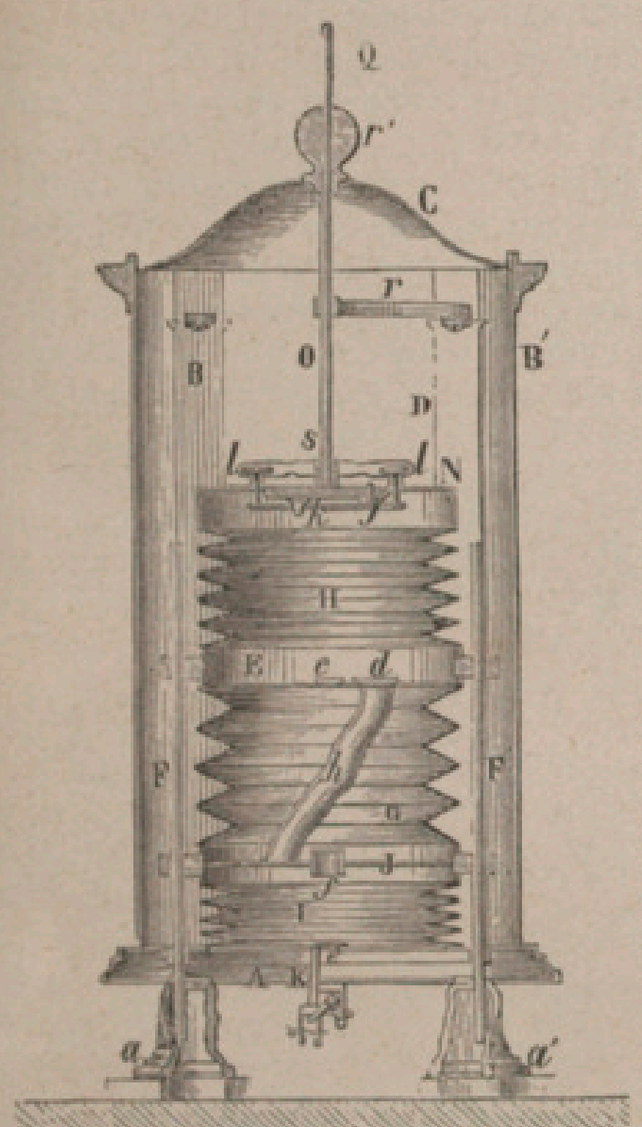


Fig. 3.

Régulateurs agissant par l'élasticité de l'air. La fig. 3 représente le régulateur Molinié.

Cet ingénieux appareil est un soufflet cylindrique à double effet, c'est-à-dire que le plateau supérieur s'élève sous l'influence de l'air qui s'accumule dans le réservoir supérieur. Ainsi le plateau J étant mis en mouvement par une bielle K mue par la machine à régler, les deux capacités I et C forment un soufflet à double effet, et l'air sera chassé dans la capacité H à travers la soupape *c* et la soupape *d* (placée au bout d'un tuyau élastique *h*). La face supérieure de cette capacité s'élèvera donc, si l'air ne sort pas en quantité suffisante par l'orifice *j*. On voit donc qu'en faisant varier cet orifice, on obtiendra une position déterminée, pour une vitesse donnée de la machine, du plateau supérieur, et par suite de la tige O qui fait corps avec lui et qui agit sur la valve ou la vanne à régler. Par suite, la vitesse de la machine ne pourra varier sans que la position d'équilibre ne change, et que par la suite le régulateur n'agisse aussitôt pour ramener les pièces à la position normale.

RÉGULATEUR.

Nous signalerons une ingénieuse disposition destinée à augmenter la sensibilité de ce régulateur, ce qu'on appelle un *étouffoir :* elle consiste à disposer une pièce fixe qui vient fermer en partie l'orifice de sortie de l'air, quand le plateau commence à s'élever au-dessus de sa position normale. Le plateau monte donc beaucoup plus vite qu'il ne le ferait sans cela, et l'action de régularisation est très-rapide.

Le régulateur Molinié, c'est-à dire un soufflet en cuir placé près de la vapeur, à la chaleur, ne constitue pas un appareil qui puisse durer longtemps. Aussi a-t-il été souvent remplacé par le régulateur Larivière (fig. 4 et 5), assez semblable, mais formé de corps de pompe et de pistons métalliques.

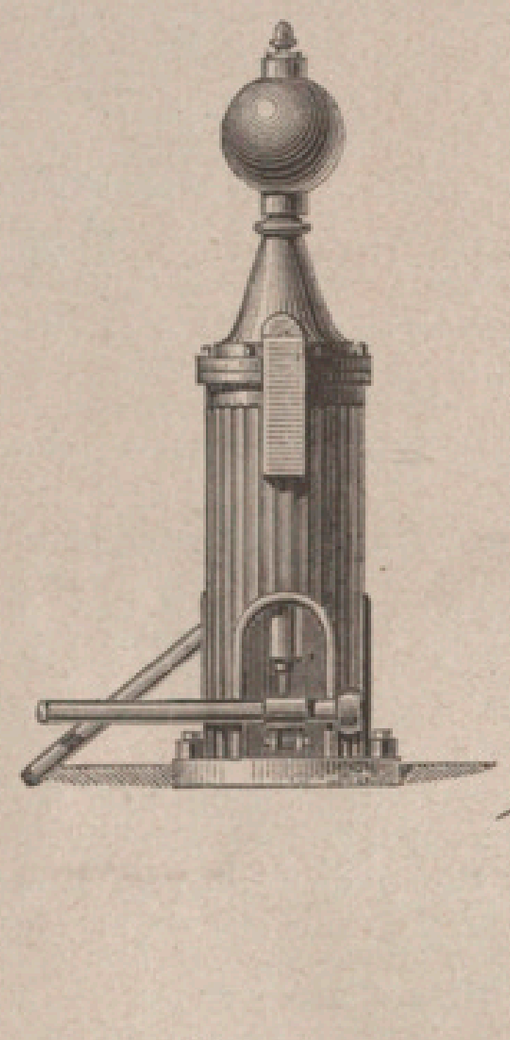


Fig. 4.

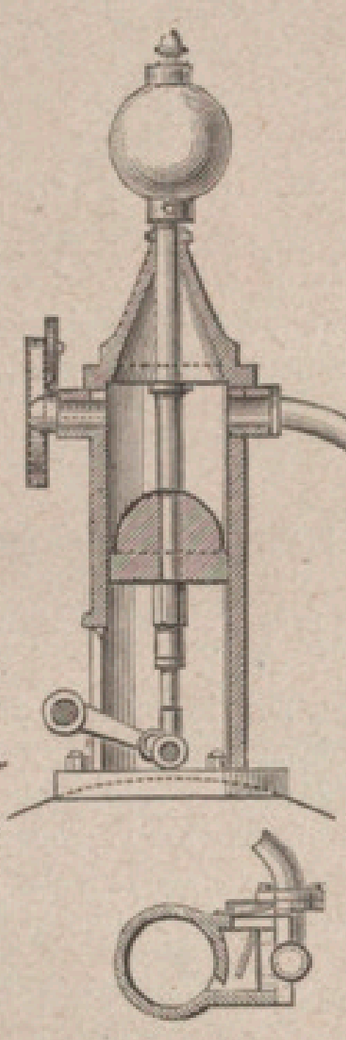


Fig. 5.

L'appareil consiste en un cylindre de fonte muni de son piston métallique garni de caoutchouc. L'air est aspiré à chaque course du piston par une petite pompe à double effet, et chassé au-dessus du piston du régulateur, qui monte et descend dans le cylindre en fonte, entraînant une tige qui conduit la valve de règlement de la machine.

On conçoit facilement qu'en faisant varier la quantité d'air sortant au moyen d'un obturateur circulaire et par suite la hauteur dont s'élève à chaque course la tige du piston rendu un peu plus ou un peu moins lourd, on arrive, dès que la machine s'accélère trop, à fermer instantanément la valve et à régler rigoureusement la quantité de vapeur introduite en raison des besoins du travail seul que la machine doit faire, comme à ouvrir instantanément aussi la valve, pour augmenter le volume introduit à pleine pression quand la machine se ralentit. Toutefois l'intervention du chauffeur est trop souvent nécessaire pour produire des variations notables.

L'élasticité d'un ressort métallique peut servir comme celle de l'air pour compléter un régulateur. On a donné à DYNAMOMÈTRE un système de ce genre dû à Poncelet.

Régulateur à boules ou modérateur de Watt. Ce régulateur est plus simple, plus résistant que tous les autres, n'exige l'intervention d'aucune autre force extérieure que celle de la pesanteur; on n'eût jamais cherché d'autres systèmes s'il n'avait eu un défaut grave, dont, grâce aux progrès de la théorie, on est parvenu à le corriger, de manière à en faire un appareil excellent.

Donnons d'abord les principes de la théorie de ce régulateur. Supposons pour plus de simplicité la boule réduite à un point matériel ; dans la position d'équilibre, il faudra que les deux composantes perpendiculaires à AC (fig. 6 et 7) se fassent équilibre :

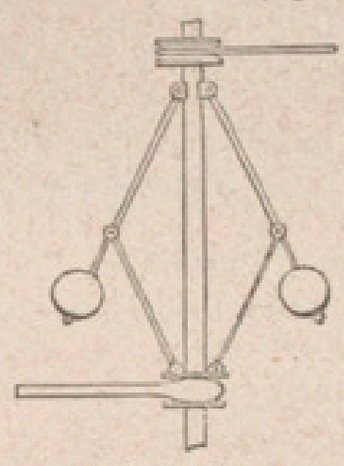


Fig. 6.

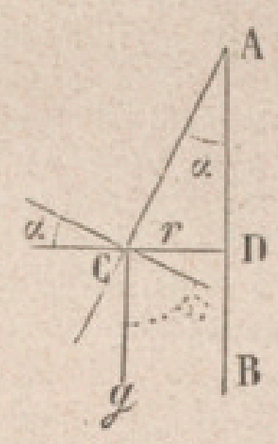


Fig. 7.

quant à celles dans cette direction, elle sont détruites par la résistance du pendule. On aura donc : $\frac{v^2}{r}$ étant la force centrifuge s'exerçant suivant CD, et la vitesse de rotation v égalant $r\omega$:

$$\frac{v^2}{r}\cos.\alpha = r\omega^2\cos.\alpha = g\cos.(90^0-\alpha) = g\sin.\alpha$$

(ω est la vitesse angulaire) : ou $r = \frac{g}{\omega^2}\text{tang.}\alpha$; or, puisque $r = \text{AD tang.}\alpha$, $\text{AD} = \frac{g}{\omega^2}$. Donc les boules seront placées sur le point C de la ligne CD, déterminé par cette équation.

La longueur AD pour une vitesse donnée est facile à obtenir par expérience : soit t, la durée d'une révolution du régulateur à la vitesse de régime qu'on veut maintenir dans la machine, 2π est le chemin parcouru par un tour à l'unité de distance, ou $\frac{2\pi}{t} = \omega$;

$$\text{on a : AD} = \frac{g}{\omega^2} = \frac{g\,t^2}{4\pi^2} \text{ et } t = 2\pi\sqrt{\frac{\text{AD}}{g}}.$$

La durée de l'oscillation d'un pendule simple est $\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$; donc pour trouver la longueur AD, il suffira de suspendre une balle de plomb à un fil, et de chercher la longueur donnant une durée des oscillations moitié de la durée voulue d'une révolution du pendule conique.

Appelant l la longueur AC du pendule conique, la formule ci-dessus revient à $t = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}\cos.\alpha}$.

Ce régulateur a le grave défaut qu'il est impropre à maintenir la vitesse de régime pour une quantité de travail résistant répondant à la nouvelle position du régulateur, chaque position des boules répondant à une vitesse différente. En rétablissant l'équilibre dynamique, il modifie la vitesse, dont la constance, industriellement, est d'une importance capitale.

Modérateur parabolique. On a réussi à obvier à l'inconvénient du modérateur à force centrifuge que nous venons de signaler, c'est-à-dire à faire en sorte que la vitesse de régime ω reste sensiblement constante, pour divers équilibres dynamiques, condition nécessaire pour le bon fonctionnement des outils, pendant que le modérateur imprime toujours, par suite de l'écartement des boules de la verticale, le mouvement voulu à un organe convenable, robinet, vanne, tiroir ou autre.

D'après la relation indiquée plus haut, le problème consiste à faire que la ligne AD soit constante, ce

qui serait obtenu si on pouvait faire varier la longueur AC de telle sorte que la courbe décrite lors du mouvement d'élévation ou de descente des boules fût une parabole convenablement tracée. C'est le résultat direct de la propriété de la parabole que la sous-normale (égale AD dans la figure 7) est une quantité constante. Cette condition a déterminé la construction de plusieurs régulateurs paraboliques : tel est celui de Franke, représenté fig. 8 ; mais la pratique ne les avait pas adoptés, à cause des inconvénients attachés à l'emploi des galets qui supportent les boules sur les guides paraboliques, des frottements auxquels ils donnent naissance.

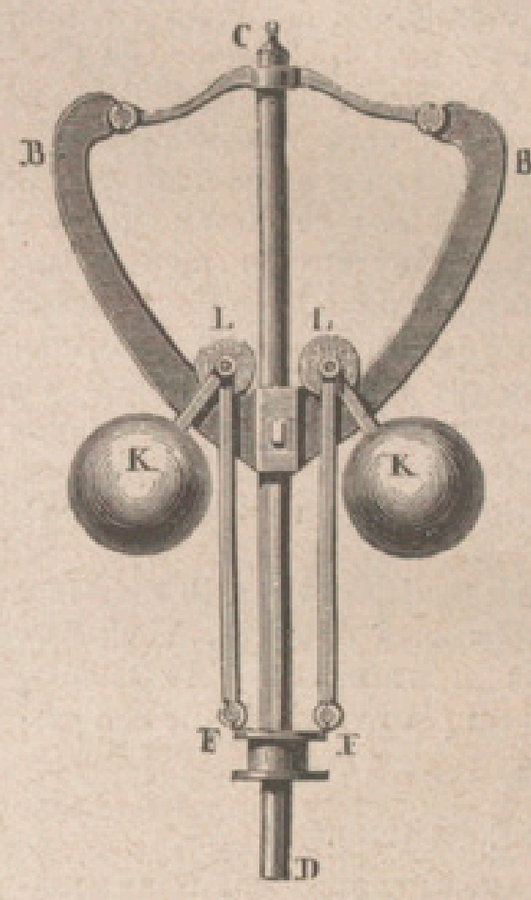


Fig. 8.

Régulateur à bras croisés. Farcot, l'habile constructeur, est arrivé à construire un appareil solide et simple qui a, dans la pratique, tous les avantages des régulateurs paraboliques. A cet effet, il remplace la parabole par un arc de cercle de rayon suffisant, qui s'écarte de cette courbe aussi peu que possible dans les limites des déplacements que les boules du modérateur doivent effectuer, ce qui conduit à placer le centre au delà de la tige qui porte le pendule (le centre de courbure d'un arc de parabole est toujours situé de l'autre côté de son axe). Les branches traversent l'arbre tournant auquel elles sont assemblées (fig. 9).

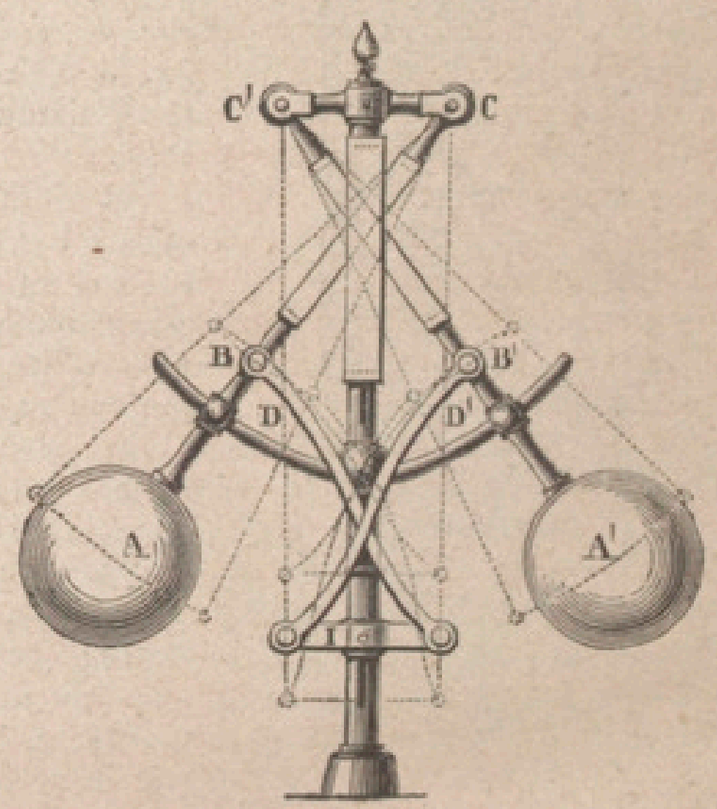


Fig. 9.

L'emploi d'une articulation autour d'un centre ne peut réaliser le problème qu'approximativement : aussi il dispose la circonférence décrite de telle façon qu'elle fasse saillie au dehors de la parabole vers le milieu de l'arc utile, et qu'elle pénètre, au contraire, dans la courbe vers les extrémités de cet arc. Il résulte de cette circonstance que, pour les positions extrêmes, la longueur du pendule est trop petite, et que, par conséquent, le mouvement de rotation normal tendrait à s'accélérer ; mais une disposition particulière est prise pour parer à cette cause de perturbation.

Le manchon sur lequel doit agir le système est, à la manière ordinaire, embrassé par la fourchette d'un levier, à l'autre extrémité duquel se trouve la tige qui agit sur l'admission de la vapeur. Cette tige porte, à son extrémité inférieure, un galet qui repose sur une pièce mobile équilibrée par un contre-poids dont la fonction est de régulariser l'action de l'appareil, en même temps qu'il sert à équilibrer le poids de la tige elle-même. Si la portion de levier sur laquelle repose le galet a reçu une courbure convenable, on pourra facilement faire en sorte que l'action de ce contre-poids soit plus ou moins énergique, et qu'ainsi la résistance opposée au fonctionnement du régulateur, vienne s'opposer à l'accélération que l'on pourrait craindre.

Le contre-poids est d'ailleurs mobile sur son levier et permet de régler l'appareil de telle façon que les boules puissent occuper toutes les positions de leur parcours pour les différentes vitesses de régime que l'on cherche à obtenir.

Nous n'avons pas parlé, jusqu'ici, de l'influence propre du poids des tiges des boules au point de vue de la force centrifuge. Il convient cependant de remarquer que telle portion de ces tiges qui se trouvait à droite de l'axe, pour les positions les plus basses des boules, passe nécessairement à gauche pour les positions les plus élevées, et qu'ainsi leur poids, qui agissait d'abord en sens contraire de celui des boules, vient concourir, dans cette dernière position, avec le leur; l'action de la force centrifuge serait donc prépondérante pour les positions supérieures des boules, et Farcot compense cette influence perturbatrice au moyen d'un ressort qui agit sur le manchon, et qui est d'autant plus comprimé que ce manchon est plus relevé, ce qui rend le régulateur moins sujet à s'emporter vers les parties supérieures.

Des dimensions et des poids des éléments du régulateur. M. Tchébychef, a montré, dans un mémoire fondé sur une méthode de calcul qui le conduit à calculer les éléments du modérateur de manière à ce qu'ils éprouvent des variations de vitesses minima, que les dimensions du régulateur à bras croisés pouvaient être déterminées de manière à le rendre isochrone, aussi bien qu'on y arrive à l'aide d'un ressort, dont la résistance ne saurait suivre la loi nécessaire pour l'isochronisme et qui constitue cependant le moyen le plus simple et le plus applicable dans la pratique.

α étant la variation de l'angle d'inclinaison de la première partie de la tige sur l'axe vertical du régulateur, il montre que la fonction qui exprime la variation d'isochronisme varie de 0,001 pour $\alpha = 14°, 40'$, et de $-$ 0,001 pour $\alpha = -13°,50$, que l'élévation du manchon s'élève entre ces valeurs de 0,62 de la première

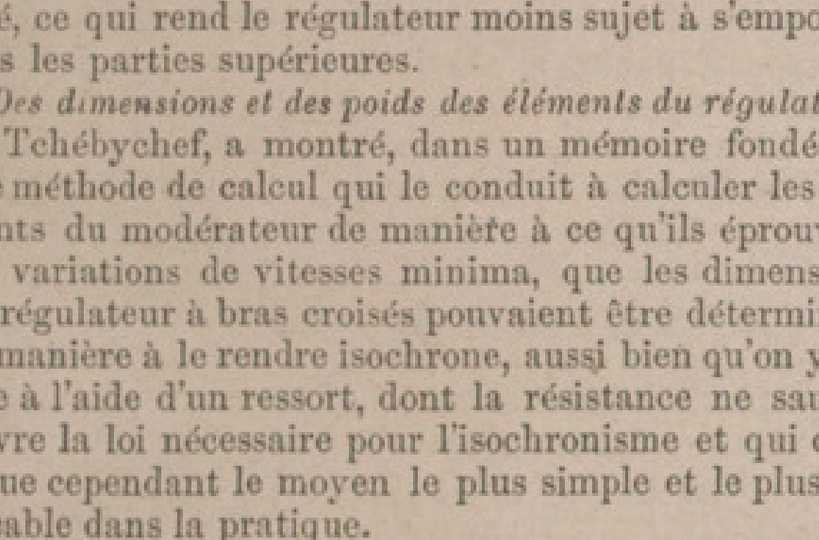


Fig. 10.

partie du bras (CD, CE, fig. 10) prise pour unité, en adoptant les dimensions suivantes :

AC et BC, les *secondes parties* des tiges du régulateur, ou $r = 1,72115$.

EF et DF les bras soutenant la douille F, ou $m = 1,31271$.

Les angles égaux ACE et BCD, formés par les premières et les secondes parties des tiges faisant entre elles un angle $= 119° 10'$.

Les angles égaux FCD et FCE, formés par les premières parties des tiges, et l'axe du régulateur auront chacun, pour la vitesse de rotation de régime d'un régulateur, 58° 46'. Les secondes parties des tiges doivent être recourbées, comme cela est indiqué sur la figure, pour ne pas entraver le jeu des premières parties de ces tiges, de façon que les centres A et B des sphères oscillantes se trouveront élevés au-dessus de C, point d'attache des tiges à l'axe du régulateur, mais ils doivent être rigoureusement à la distance $r = 1,72115$ de ce point C. Enfin, ce régulateur se distinguera du régulateur de Watt par le poids assez considérable de sa douille, pesant 4,06355... fois plus que chacune des sphères oscillantes.

Modérateur à contre-poids de Foucault. L'emploi d'un contre-poids pour aider l'action des boules a depuis longtemps été proposé par Charbonnier, de Mulhouse, et Farcot en a tiré bon parti; c'est surtout Foucault qui a montré de la manière la plus simple le haut degré d'isochronisme que l'on peut obtenir par son emploi.

Reprenons la formule $t = 2\pi\sqrt{\frac{l \cos. \alpha}{g}}$.

Si, au lieu d'un point, le pendule porte une boule sphérique dont on peut considérer la masse comme concentrée en son centre de gravité la formule sera toujours vraie, et si P en est le poids, comme $P = M g$, elle devient :

$$t = 2\pi\sqrt{\frac{M l \cos. \alpha}{P}}.$$

Si on fait entrer dans la formule le poids p du manchon, on voit facilement en comparant les moments dans les deux cas que, pour une même valeur de r, les rapports des carrés des vitesses angulaires sont entre eux comme $\frac{P + p}{P}$, et par suite les temps sont en raison inverse des racines carrées, c'est-à-dire que l'on a :

$$t = \sqrt{\frac{P}{P + p}} \times 2\pi\sqrt{\frac{l M \cos. \alpha}{P}} = 2\pi\sqrt{\frac{M l \cos. \alpha}{P + p}}$$

Si on se contente de rendre p considérable, on a le régulateur Porter (fig. 11) qui a le mérite de surmonter des résistances notables avec des boules et des bras légers.

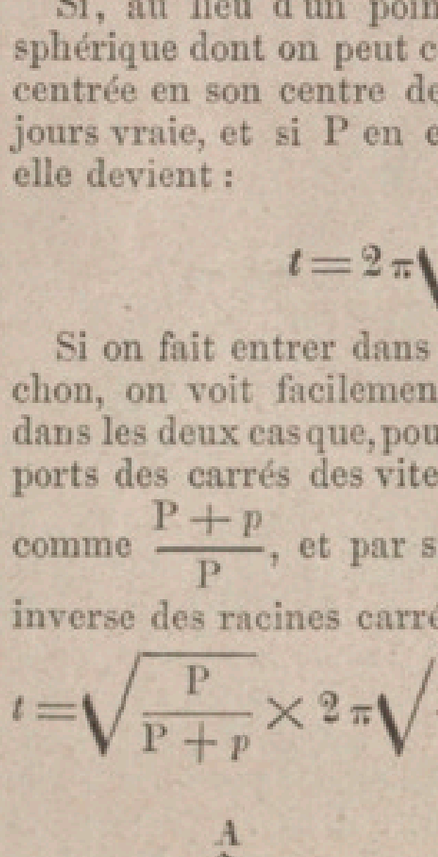


Fig. 11.

Si on remarque que dans la formule ci-dessus cos. α étant une variable, t l'est aussi, on voit que, pour que t devienne une constante, il faudrait faire disparaître cos. α en l'introduisant au dénominateur de la fraction sous le radical, en remplaçant $P + p$ par $(P + p)$ cos. α. Or, ce terme répond à un poids qui s'incline sur la verticale; c'est là le principe d'une solution d'une grande simplicité et d'une grande précision. Décrivons une disposition proposée par Foucault :

Soit une barre AO (fig. 12) articulée au bout d'une barre oscillante AS. A, pour de petites variations so

mouvant suivant une ligne sensiblement horizontale, O se mouvra suivant une ligne verticale, et transmettra

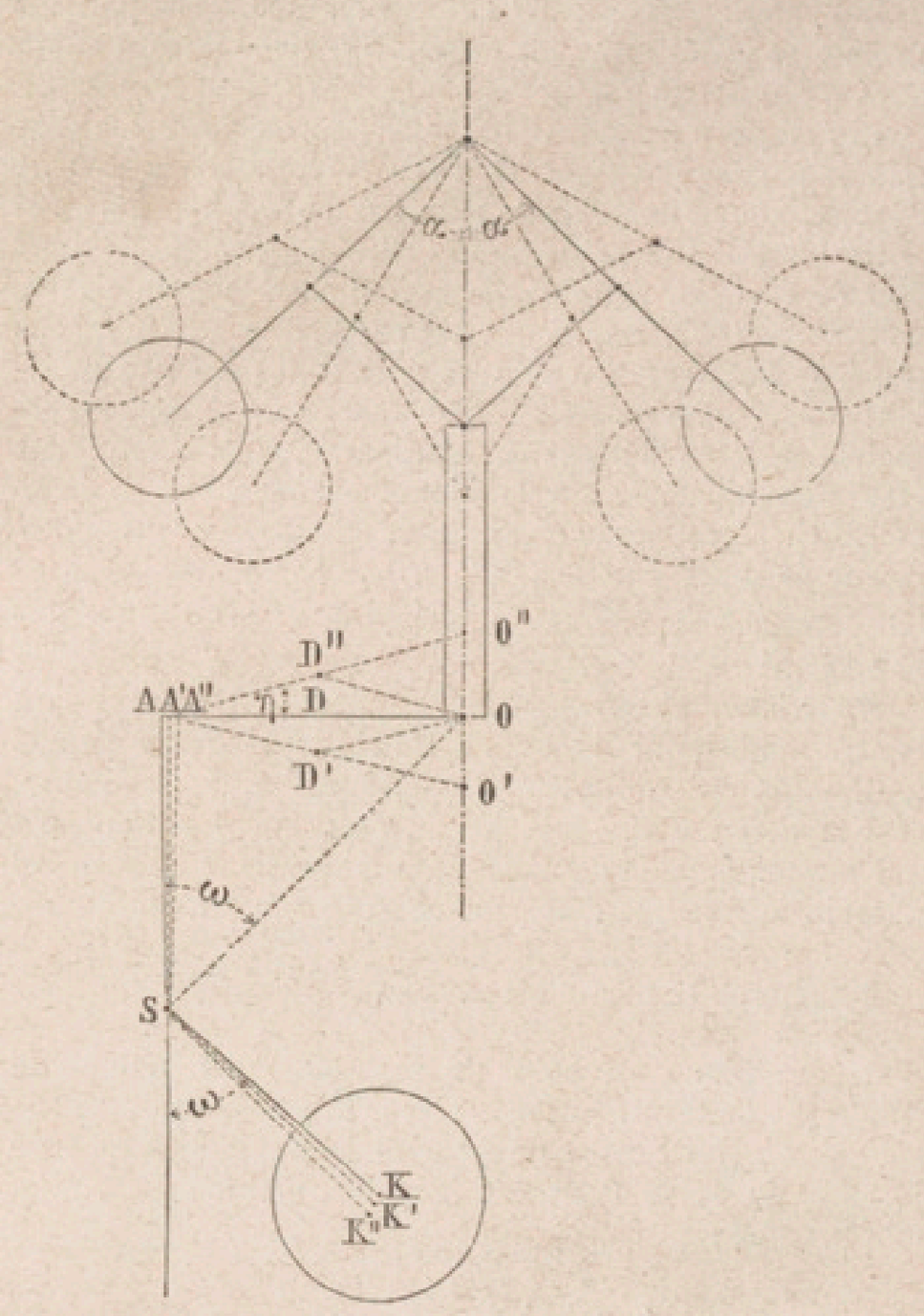


Fig. 12.

au manchon les efforts exercés à l'extrémité A de cette barre AO, où on applique l'action d'une force constante $= P + p$.

Cette force reportée au point O, peut être décomposée en deux, une horizontale sans effet sur le manchon, et une verticale qui lui est directement opposée et tend à le soulever. Cette force verticale, nulle lorsque la barre est horizontale, acquiert, lorsque le manchon s'élève ou s'abaisse, une valeur positive ou négative proportionnelle au sinus de l'angle η ou à l'espace parcouru par le manchon. Il faudrait donc écrire dans l'expression de la valeur de t au lieu de $P + p$ simplement, la valeur $(P + p) \sin \eta$, ce qui peut conduire à l'isochronisme, puisqu'on introduit au dénominateur une fonction qui varie comme cos α.

Pour obtenir une force convenable, Foucault recourbe le bras AS qui devient la branche supérieure d'un levier coudé ASK oscillant autour du point S et dont l'autre branche SK porte un contre-point $K = P + p$ et on a soin de faire égaux les angles des lignes SO et SK avec AS.

Emploi d'un ressort. Pour assurer l'action du régulateur isochrone, Foucault et Farcot ont ajouté un ressort à boudin placé entre les boules, agissant avec une intensité croissante en raison de l'écartement. Le manchon peut alors se déplacer sans que la vitesse du régime croisse trop sensiblement.

Théorie des régulateurs isochrones.

Les régulateurs isochrones sont caractérisés par la condition de se tenir en équilibre, quelle que soit la position angulaire des tiges oscillantes ou l'ouverture de la valve distributrice de la vapeur, s'il s'agit de moteurs à vapeur, lorsque la vitesse de rotation est égale à la *vitesse* dite *de régime* ; ils jouissent en conséquence de

la propriété d'osciller dès que la vitesse réelle s'écarte d'une quantité donnée de la vitesse de régime ; les oscillations produites ont pour résultat de faire varier l'orifice de distribution de la vapeur dans un sens tel que l'écart de la vitesse soit finalement réduit. S'il s'agit de régulateurs destinés à maintenir un mouvement uniforme, abstraction faite de l'économie du travail moteur, les appareils sont pourvus d'ailettes liées aux tiges oscillantes : le développement variable de ces ailettes détermine une variation correspondante de la résistance de l'air, variation qui tend toujours à réduire les écarts de la vitesse réelle par rapport à la vitesse de régime.

Les régulateurs isochrones présentent ainsi deux classes distinctes : à la première appartiennent ceux qui font varier le travail moteur, à la seconde ceux qui font varier le travail résistant.

M. Villarceau a publié une théorie générale des régulateurs isochrones qui l'a conduit aux principes à observer dans leur construction.

Dispositions communes aux deux classes de régulateurs. — Les organes empruntés à l'appareil de Watt sont : l'axe vertical central, deux plateaux, dont l'un est fixe par rapport à cet axe et l'autre mobile le long du même axe, au moyen d'une douille ou manchon, et deux ou un plus grand nombre de paires de tiges articulées entre elles et avec les deux plateaux ; ces tiges, d'égales longueurs, forment des triangles isocèles avec la droite qui joint les articulations sur les plateaux. Pour fixer les idées, je suppose que le plateau supérieur soit le plateau mobile, je nommerai *tiges supérieures* celles qui sont articulées sur ce plateau ; les autres seront les *tiges inférieures*. Le nouveau régulateur se distingue de celui de Watt par la figure et la position des masses principales oscillantes ; ces masses, au lieu d'être des sphères ayant leur centre sur le prolongement des tiges supérieures, sont des masses de figure non déterminée *à priori*, dont le centre de gravité est situé en un point lié géométriquement avec les tiges inférieures; les directions de leurs axes principaux d'inertie sont assujetties, ainsi que les moments d'inertie, à des conditions qui vont être indiquées.

Pour plus de simplicité, je supposerai que les centres de gravité des tiges soient sur leurs axes de figure et que les masses de ces tiges, ainsi que la masse principale, soient symétriques par rapport à un même plan passant par l'axe vertical central, et que j'appellerai *plan de symétrie*. Un ensemble formé de deux tiges oscillantes et d'une masse principale constituera un *système partiel*, et le régulateur se composera de n systèmes pareils, assujettis à la condition que leurs plans de symétrie soient angulairement équidistants autour de l'axe vertical central. (Dans les appareils de Watt, le nombre n est égal à 2 ; il est égal à 3 dans l'appareil construit par M. Bréguet.) On voit que la disposition adoptée (voir fig. 15) est une simple généralisation du régulateur de Watt ; sans une pareille généralisation, il serait impossible de satisfaire aux conditions de l'isochronisme et à celle d'obtenir une vitesse de régime donnée Ω.

Régulateurs isochrones à poids. Soient ω_1 et ω_2 les limites supérieure et inférieure de la vitesse de rotation, entre lesquelles la vitesse réelle doive rester comprise, pour le bon fonctionnement des opérateurs; nous poserons

$$\Delta = \frac{1}{2} \frac{\omega_1 - \omega_2}{\Omega},$$

et Δ sera ce que l'on désigne sous le nom d'*écart proportionnel de la vitesse*, car il faut bien que les boules varient quelque peu de position pour obéir à l'acroissement momentané de vitesse. Les régulateurs de première classe ne peuvent par suite être qu'à peu près isochrones.

Soient :

α l'angle des tiges avec la verticale, mesuré dans le même sens que l'angle φ, déterminé par la relation

$$\operatorname{tang}\varphi = \frac{\Omega^2\rho}{g},$$

où l'on désigne par ρ la distance commune des points d'articulation des tiges sur les plateaux à l'axe central, et g l'accélération de la chute des graves.

N l'effort vertical constant ou variable que la fourchette oppose au mouvement ascendant ou descendant du manchon.

On pourra calculer les valeurs successives que prend la quantité

$$\frac{N}{2\Delta\sin\varphi}\,\frac{\sin\alpha}{\cos(\alpha-\varphi)},$$

lorsque l'angle α varie entre ses limites extrêmes; désignons par P_0 le maximum de ces diverses valeurs.

Soient encore :

P' le poids de l'une des tiges supérieures, comprenant celui de toutes les pièces solidaires avec cette tige (axes, vis, etc.);

L' la distance du centre de gravité de la même tige à son point d'articulation avec le plateau supérieur, mesurée vers l'autre articulation;

l la longueur commune des tiges, ou la distance comprise entre leurs points d'articulation;

P_1 le poids du plateau mobile et du manchon réunis.

Ces diverses quantités doivent satisfaire à la relation

$$P_1 + nP' = P_0 + nP'\frac{L'}{l},$$

qui peut se traduire comme il suit :

Le poids total du manchon et des tiges supérieures doit être égal à la quantité P_0 augmentée de la fraction $\frac{L'}{l}$ du poids des tiges supérieures réunies.

Un régulateur construit suivant les conditions énoncées ne devra pas laisser subsister d'écarts proportionnels de la vitesse excédant sensiblement l'écart Δ, et cela quelle que puisse être, entre les limites données, la variation du travail résistant (addition ou suppression d'un nombre quelconque d'opérateurs, métiers, etc.). On devra seulement remarquer que, les écarts périodiques étant du ressort des volants, il conviendra que l'écart proportionnel, admis dans le calcul du régulateur, ne soit pas inférieur à celui qui a été employé pour le calcul du volant, le régulateur ne pouvant avoir d'autre objet que de ramener la vitesse moyenne à la vitesse de régime.

Masse principale. On peut satisfaire aux conditions énoncées en donnant à cette masse des formes très-diverses. Les plus simples que l'on puisse employer sont celles d'un parallélipipède ou d'un cylindre, dont les plus grandes dimensions sont dans les plans de symétrie. Lorsque les masses des tiges sont équilibrées à part, comme il a été dit plus haut, au moyen de masses supplémentaires, la droite qui joint le point d'articulation de la tige inférieure et du plateau fixe au centre de gravité du parallélipipède ou du cylindre est perpendiculaire à leur plus grande dimension; dans le cas contraire, cette droite s'écarte quelque peu de la même perpendiculaire.

Avant de terminer ce qui se rapporte à cette classe des régulateurs, je citerai la disposition adoptée par M. Andrade, ingénieur de la marine.

Régulateur Andrade. Cherchant pourquoi les régulateurs isochrones ne se sont pas généralisés, M. Andrade a reconnu que c'était surtout parce que ces appareils, souvent compliqués, sont nécessairement instables.

On remédie un peu, à la vérité, à cet inconvénient, en employant des freins ou ressorts, comme il a été dit plus haut, offrant au mouvement du manchon une résistance qui augmente rapidement avec sa vitesse; mais cette addition présente le grave inconvénient d'augmenter les résistances passives, et par suite de diminuer la sensibilité de ces appareils.

La stabilité est assurée dans les régulateurs ordinaires, parce que, dès que le manchon se déplace sous l'influence d'une variation de la vitesse, il est soumis à une force graduellement décroissante, tandis que, dans les régulateurs isochrones, il est soumis à une force constante, ou, ce qui est encore beaucoup plus dangereux, à une force qui, dans un sens, est graduellement croissante, et par conséquent va très-rapidement à bout de course, en dépassant la position qu'il devrait prendre pour maintenir la vitesse invariable.

Ne serait-il pas possible d'établir un régulateur dans lequel:

1° L'écart des vitesses limites correspondant aux deux extrémités de la course du manchon ne dépassât pas une valeur fixée à l'avance, cette valeur pouvant être aussi petite qu'on le désire, 1/100e de tour par minute, par exemple.

2° La résistance qui s'oppose au mouvement du manchon, lorsque l'équilibre est rompu, soit, pour un déplacement donné de ce manchon, aussi grande qu'on le désire, et que, par suite, la stabilité soit aussi considérable que dans un régulateur non isochrone.

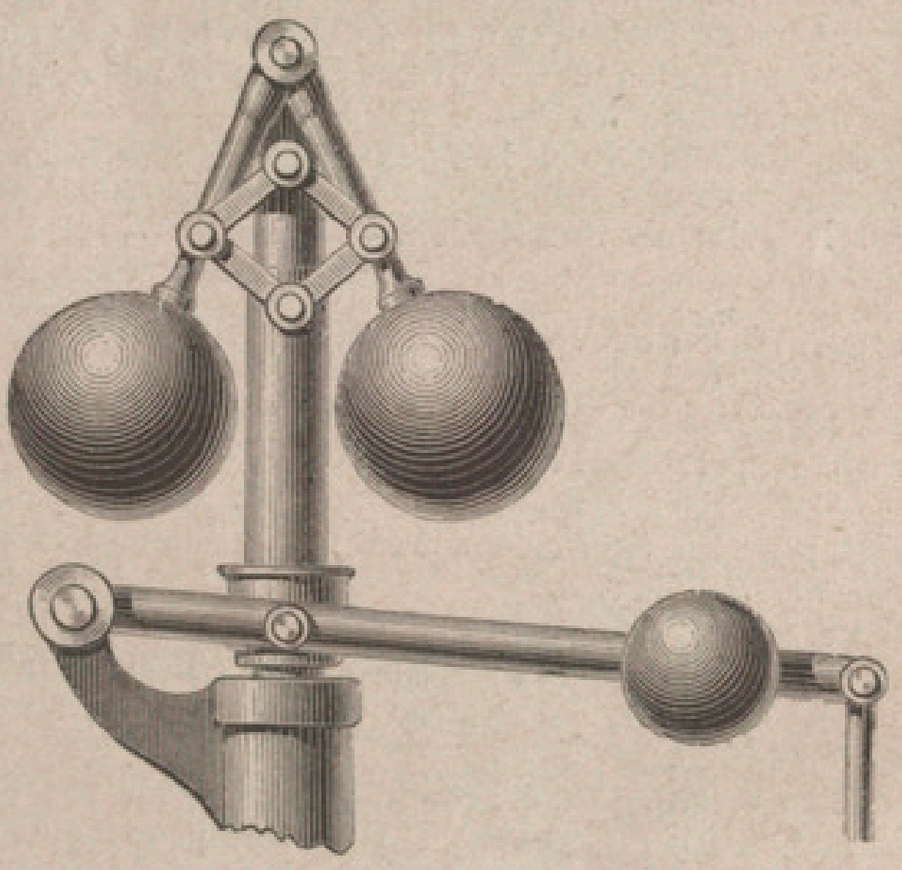


Fig. 13.

Le régulateur (fig. 13) combiné dans ce but, grâce à un second point fixe, ne laisse plus aux boules toute facilité pour s'écarter. Il se compose, fig. 14 :

1° De deux leviers à boules oL, oL'.

2° D'un losange *acbc'*, dont un sommet *a* est fixe, un autre *b* est assujetti à se mouvoir sur l'axe du régulateur, et dont les deux autres doivent glisser sur les tiges *oc*, *oc'*.

La distance $oa = a$ doit être égale au côté de ce losange.

3° D'un poids P' appliqué au sommet *b* soit directement, soit par l'intermédiaire d'un levier O' K.

Nous allons montrer que cet appareil est pratiquement isochrone.

Considérons un régulateur fictif identique au précédent, mais dans lequel l'action de la pesanteur sur les boules serait détruite sans que la force centrifuge fût altérée (on obtiendrait un appareil de ce genre en équilibrant les boules). Il est facile de voir sur la figure ci-dessus que, si l'on représente la moitié de la force qui agit sur *b* par la ligne *bd*, cette force déterminera sur *bc* une traction précisément représentée par la lon-

gueur *bc*, et cette traction, qui doit se résoudre en deux forces dirigées, l'une suivant *ac* et l'autre suivant la

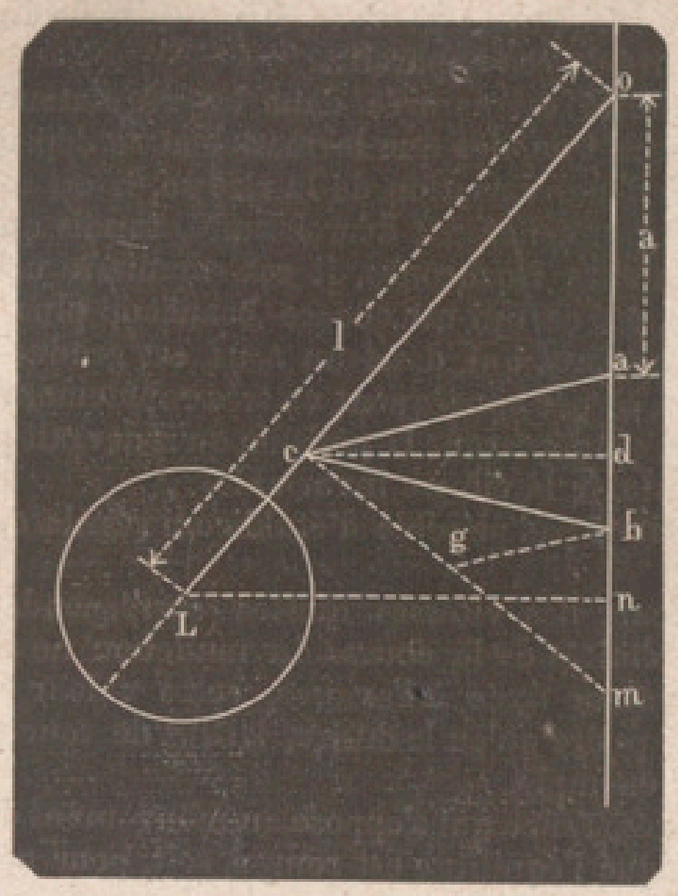


Fig. 14.

normale *mc* à *o*L, donnera pour composante suivant *mc* une force représentée par *cg*, le point *g* étant déterminé par l'intersection de *cm* avec la ligne *bg* menée par *b* parallèlement à *ac*.

En d'autres termes, la force qui agira normalement sur le levier *o*L sera égale à $\frac{P'}{2}\frac{gc}{bd}$ ou à $P'\frac{gc}{ab}$, ou encore à $P'\frac{mc}{a}$; on voit qu'en résumé, le poids agissant sur le manchon produira sur les leviers à boules un moment proportionnel à la surface du triangle *omc*.

D'autre part, le moment produit par la force centrifuge pour une vitesse donnée est proportionnel à la surface du triangle *o*L*n*.

Or, en voit facilement que, pour toutes les positions de la figure, le rapport des surfaces des triangles semblables *omc*, *o*L*n*, qui ont des hypoténuses constantes, est invariable.

Il en résulte que, si l'équilibre existe pour une certaine position du système, il persistera pour toutes les autres, en supposant que la vitesse de rotation ne change pas, c'est-à-dire que l'appareil sera rigoureusement isochrone. Supposons maintenant que nous supprimions le poids agissant sur le manchon; le régulateur deviendra un régulateur ordinaire de Watt, et la vitesse ω, de rotation sera donnée par la formule connue $\omega^2{}_1 = \frac{g}{h}$ en posant $h = on$.

Soit maintenant ω_0 la vitesse du régulateur isochrone fictif que nous avons antérieurement considéré, la force centrifuge étant proportionnelle au carré de la vitesse de rotation, on voit facilement que, si le régulateur n'a pas ses boules équilibrées, il sera en équilibre, à chaque instant, pour une vitesse ω déterminée par la relation

$$\omega^2 = \omega^2{}_0 + \omega_1{}^2$$

ou, en désignant par:

N le nombre de tours par minute du régulateur considéré,

N_0 le nombre de tours par minute du régulateur isochrone fictif correspondant,

N_1 le nombre de tours par minute du régulateur de Watt correspondant,

par la relation,

$$N^2 = N^2{}_0 + N^2{}_1.$$

Le carré du nombre de tours est donc la somme de deux termes dont l'un $N^2{}_0$ *est indépendant de la position du manchon, et dont l'autre* $N^2{}_1$, *en dépend.*

Nous allons montrer par un exemple numérique que la variation de vitesse qui résulte du terme variable peut être rendue complétement négligeable. Prenons pour limites de h, $0^m,25$ et $0^m,27$ et faisons $N_0 = 150$. La vitesse de l'appareil sera comprise entre

$$\sqrt{\frac{g}{0,25}\left(\frac{60}{2\pi}\right)^2 + \overline{150}^2} \text{ et } \sqrt{\frac{g}{0,27}\left(\frac{60}{2\pi}\right)^2 + \overline{150}^2},$$

c'est-à-dire entre 161 et 160 tours.

L'écart des vitesses limites sera donc inférieur à 1/100e ou de 0,6 pour 100.

Pour changer la vitesse de régime, il suffit de déplacer le contre-poids sur le levier, ou de faire varier son intensité.

La stabilité du système est très-grande, car, lorsque le manchon se soulève, il est soumis à une force graduellement décroissante, grâce à la seconde articulation.

On voit facilement qu'il en est de même lorsqu'il descend et que la force centrifuge diminue.

3° RÉGULATEURS DE DESTRUCTION.

C'est la résistance de l'air que l'on emploie plus souvent pour obtenir une grande régularité du mouvement, les freins à frottement souvent employés dans l'industrie pour détruire du travail dans de puissants appareils, les grues, les locomotives, etc., ayant une action bien moins régulière. Nous avons parlé de ces derniers appareils ailleurs, dans les circonstances où il s'agit surtout de consommation de travail et seulement d'une régularisation grossière du mouvement.

Cloche de Vagner. Vagner a combiné un régulateur à ailettes, à cloche, qui est d'une grande sensibilité. En faisant descendre la cloche vers le plateau près duquel tournent les ailettes, quand le mouvement à régler se ralentit, et l'écartant quand il s'accélère, l'action du régulateur tend à s'annuler dans le premier cas, les ailettes rencontrant toujours le même air qui tourne avec elles, et tend au contraire vers le maximum quand la cloche s'élève, que l'air se renouvelle.

Régulateur isochrone à ailettes. La fig. 15 représente le régulateur de M. Villarceau, dans lequel la résistance de l'air vient compléter l'effet de la dimension convenablement calculée des masses en mouvement.

L'exactitude avec laquelle peut fonctionner l'appareil dans des conditions où le poids moteur varie dans la proportion de 1 à 6 ou davantage, dépend essentiellement des soins que le constructeur aura mis à réaliser les indications de la théorie et à prévenir ou réduire les effets du frottement des axes et du manchon.

Malgré les précautions les plus délicates, il arrivera que la densité des métaux employés ne sera pas exactement égale à celle dont on aura fait usage dans les calculs; il arrivera encore que les dimensions réalisées par le constructeur ne seront pas tout à fait égales à celles qui lui auront été assignées. De là un défaut d'isochronisme, et même des écarts plus ou moins sensibles entre la vitesse de régime et les diverses vitesses effectives. Pour obvier à ces inconvénients, il faut se réserver des moyens de réglage. Or les diverses conditions à remplir se traduisent ici par quatre équations; par conséquent, on doit se réserver les moyens de produire quatre variations disctinctes de l'état de chaque système partiel. Ces quatre variations s'obtiennent: 1° au moyen d'un simple changement de la masse du manchon (addition ou suppression de disques concentriques); 2° en déplaçant trois masses mobiles le long de tiges filetées et faisant partie de la masse principale, que nommerons *masses régulatrices.*

Ces quatre conditions sont exigées par une théorie qui n'assigne aucune limite aux déplacements angu-

RÉGULATEUR.

laires des tiges, dans les plans de symétrie; mais comme, en réalité, l'amplitude de ces déplacements ne dépas-

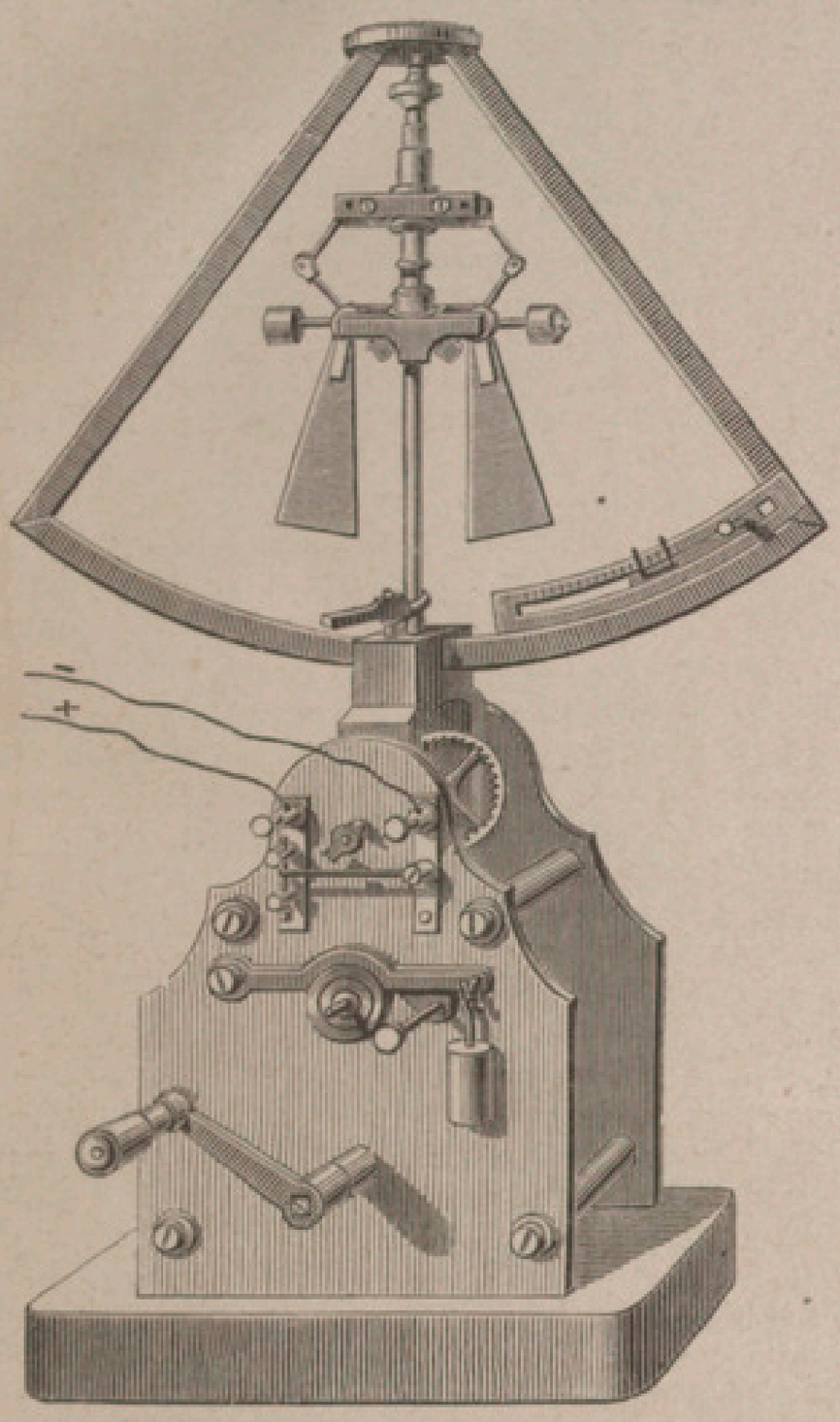


Fig. 15.

sera pas 1/6 ou 1/7 de circonférence, il arrivera que, si l'exécution de l'appareil n'est pas trop incorrecte, il suffira d'opérer *trois*, ou même *deux* seulement des quatre variations exigées par la théorie générale; on sera donc dispensé de modifier le poids du manchon et l'on n'aura qu'à faire varier les positions des masses régulatrices.

Ces explications feront comprendre la disposition adoptée pour la masse principale. Voici en quoi elle consiste : un parallélipipède rectangle est relié à la tige inférieure, au moyen d'une chappe; du côté opposé la tige s'inclinant avec elle, une ailette se fixe au parallélipipède par le moyen d'une autre chappe. Les masses régulatrices sont des cylindres traversés par des tiges filetées: deux de ces tiges sont implantées sur la surface du parallélipipède qui regarde l'ailette et à des distances égales des bouts du parallélipipède; les dimensions des tiges filetées sont égales, ainsi que celles des masses régulatrices qu'elles conduisent; la troisième tige a son axe de figure en coïncidence avec le grand axe du parallélipipède; les masses de la tige et du cylindre mobile qu'elle supporte sont calculées de manière que l'axe de figure de l'ailette passe à la fois par le centre du papallélipipède et le point d'articulation de la tige inférieure.

L'ailette est de forme trapézoïdale; en la construisant en aluminium, on facilite les moyens de satisfaire aux conditions de l'isochronisme ; les tiges sont en acier, et les autres parties qui composent la masse principale sont en bronze d'aluminium.

Du réglage de l'appareil. Le régulateur étant mis en communication avec un mouvement d'horlogerie, on observe la vitesse ω qu'il acquiert sous l'action du poids moteur et l'angle α des tiges avec la verticale. On fait varier le poids moteur et l'on observe les nouvelles valeurs des quantités ω et α. Si, en opérant de cette manière, on recueille au moins quatre systèmes distincts de valeurs de ω et α, on aura les données expérimentales nécessaires pour calculer les trois déplacements que doivent subir les masses régulatrices, et, au besoin, la variation du poids du manchon.

Le réglage étant effectué conformément aux prescriptions de la théorie, si l'on recommence les observations de la vitesse, on trouvera que, quel que soit le poids moteur entre ses limites extrêmes, les diverses vitesses seront excessivement peu différentes de la vitesse de régime qu'il s'agissait de réaliser. Ici la précision des résultats n'a d'autre limite que celle de nos moyens d'action sur la matière.

4° RÉGULATEURS PROPREMENT DITS.

Les systèmes qui rentrent dans la 4e classe sont principalement le pendule et le balancier à ressort spiral, qui servent à régler tous les appareils d'horlogerie, et dont il est traité trop complétement à ce mot pour que nous ayons à y revenir ici.

L'écoulement d'un liquide par un orifice constant, l'eau étant également dans le réservoir à un niveau constant, est d'une régularité parfaite. Nous avons donné un exemple de son emploi comme régulateur, en décrivant la *cataracte*. (Voy. MACHINE A VAPEUR, p. 7.)

RÉGULATEUR DE PRESSION ET PURGEUR AUTOMATIQUE. On trouve, dans une même usine, des appareils à vapeur pour lesquels la même pression n'est pas nécessaire, et souvent même pourrait être dangereuse. Ainsi, par exemple, il est reconnu qu'il y a avantage pour les machines à vapeur à marcher à 5 atmosphères, tandis que, pour les appareils de chauffage à vapeur, il est préférable de n'avoir que 2 atmosphères de pression. En effet, dans ce cas, l'effet produit par la condensation de la vapeur est sensiblement le même que si la pression était plus élevée, et les dangers de rupture des appareils disparaissent, tout en employant des épaisseurs de tôle plus faibles. Dans certaines industries, pour que l'opération réussisse, il faut que la pression de la vapeur soit limitée. On a donc cherché, depuis plusieurs années, des appareils pouvant donner à leur sortie des pressions constantes, plus faibles que celles de la conduite principale sur laquelle ils sont branchés. Ces appareils portent le nom de *régulateurs de pression*. On peut citer entre autres les régulateurs *Legat*, *Tulpin*, *Schaeffer* et *Budemberg*, etc., etc. Dans tous ces appareils, la diminution de pression est obtenue par le passage de la vapeur à travers un orifice plus ou moins ouvert, à peu près comme dans le régulateur d'écoulement du gaz décrit à l'article ÉCLAIRAGE, ce qui produit une détente plus ou moins considérable, et par suite une diminution de pression. Pour que la vapeur puisse agir sur les soupapes ou robinets de distribution, il faut nécessairement employer un intermédiaire. MM. Legat et Tulpin emploient un piston avec un obturateur en caoutchouc spécial : MM. Schaeffer et Budemberg emploient une plaque flexible d'acier. Mais soit pour le caoutchouc, soit pour les plaques d'acier, l'élasticité primitive de la matière est changée peu à peu par l'usage, et l'appareil, primitivement bon, se détériore. M. Coignet employe le mercure, qui transmet instantanément les variations de pression par suite de la disposition spéciale de l'appareil, et qui ne s'altère pas aux températures ordinaires de la vapeur. L'appareil est analogue à un manomètre à mercure. Sous l'influence de la pression de la vapeur détendue, le mercure baisse dans une des branches de l'appareil et monte dans l'autre, pour se déverser dans une sphère creuse mobile. Cette sphère agit sur les soupapes de distribution par l'intermédiaire d'un levier, et on règle l'appareil au moyen d'un contre-poids et en faisant va-

rier la hauteur des tubes du manomètre. On voit donc immédiatement que, suivant la pression, le poids du mercure de la sphère mobile est plus ou moins considérable, et par suite les soupapes sont plus ou moins ouvertes.

L'appareil qui doit toujours accompagner le régulateur, quand la vapeur est employée au chauffage, est un extracteur ou purgeur automatique des eaux de condensation. Cet appareil fonctionne toujours par le moyen d'un flotteur.

RÉGULATEUR DE TEMPÉRATURE. — INCUBATION ARTIFICIELLE. En parlant de régulateur de température, il n'est pas question ici des moyens employés dans tous les fours ou fourneaux manufacturiers pour obtenir un chauffage et une température à peu près régulière, par la manœuvre des portes du fourneau ou du cendrier et de clefs ou registres, par l'emploi des appareils de distribution ou la conduite du feu ; nous parlons des procédés avec lesquels la température d'un appareil se règle et s'égalise par sa marche même, de manière à activer la source de production de chaleur quand la température de l'appareil vient à baisser, et à la ralentir quand la température s'élève.

Une disposition plusieurs fois employée consiste à installer par une de ses extrémités, dans la capacité dont le degré de chaleur doit être maintenu invariable, une tige métallique en fer, en cuivre ou en zinc, dont l'autre bout sort à l'extérieur. Cette tige subit évidemment les variations de température du milieu dans lequel elle est plongée ; elle s'allonge quand la température s'y élève, et se raccourcit quand elle s'abaisse.

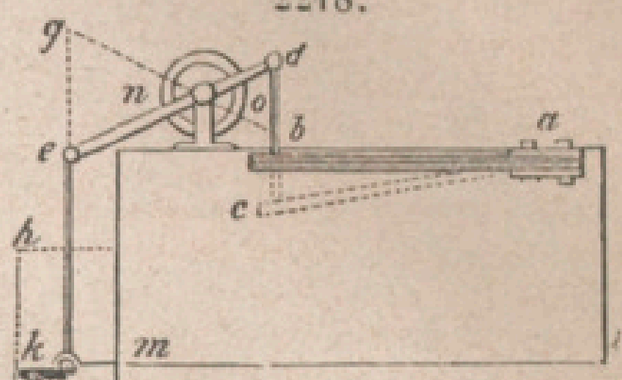
Il est évident que si la tige métallique est assez longue pour qu'une légère variation de chaleur produise un allongement sensible, on pourra au moyen de leviers qui multiplieront l'amplitude du mouvement, faire manœuvrer par la tige un appareil qui diminuera l'intensité d'action de la source de chaleur, quand la tige s'allongera sous un excès de chaleur, et l'augmentera quand, au contraire, un abaissement de chaleur viendra raccourcir la tige métallique.

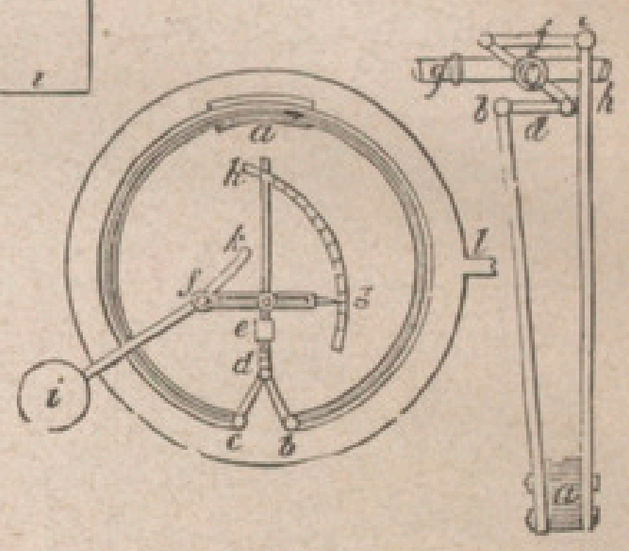
Rien de plus simple que le principe de ce procédé. Nous l'avons vu appliqué à des étuves, à des poêles à feu lent et à température constante, comme les poêles à anthracite de l'Amérique. La tige alors, plongée dans le réservoir d'air chaud, manœuvrait par ses mouvements une clef placée dans le tuyau de fumée, unie à une valve, très sensible, qui réglait ou fermait presque complétement l'arrivée de l'air sous le foyer et par conséquent la vitesse de combustion. Installée dans des vases pleins de liquide pour le service des bains, les distillations, les évaporations, etc., que l'on veut maintenir sans variation au même degré pendant un long temps, la tige métallique agit de la même manière.

Le thermostat du docteur Ure est construit sur le principe dont nous avons parlé plus haut, et formé de deux ou plusieurs lames de différentes dilatabilités, l'une en acier, l'autre en laiton.

Ces barres, invariablement liées par un bout, agissent par l'autre bout au moyen d'un levier *e*, *e*, sur une valve ou registre *o n* (fig. 2218) qui ouvre ou ferme, par exemple, l'entrée de l'air de ventilation dans un appartement ou l'entrée de l'air chaud sous une chaudière ou un bain. La fig. 2219 est une disposition qui sert à maintenir un réservoir d'eau à une température constante, en ouvrant ou fermant, suivant les besoins, un robinet qui opère ou interrompt l'introduction de l'eau chaude. On voit donc qu'en ajustant les tiges à la température pour laquelle elles doivent être réglées, on obtiendra facilement le degré que l'on veut, par le calcul des rapports d'allongement avec les longueurs des leviers, engrenages ou autres transmissions, et l'amplitude de la course à faire exécuter à la pièce qui réchauffe la capacité donnée. La fig. 2220 représente 2 barres inégalement dilatables *ab*, *ac*, liées en *a*, et qui ouvrent ou ferment plus ou moins le robinet du tuyau *g h*, en agissant sur les leviers intermédiaires *d* et *f*.

2218.





2219. 2220.

Le docteur Ure a décrit plusieurs applications de son procédé et en particulier à une cheminée dont il manœuvre le registre. Mais il est évident que l'impossibilité d'employer dans la plupart des cas de longues barres, rend les courses disponibles infiniment petites, et exige, pour avoir des mouvements utilisables, des complications embarrassantes et peu sûres de leviers ou d'engrenages. Ces leviers, en effet, ne peuvent pas rester inaltérables ni toujours en parfait état de mouvement, et l'appareil de règlement finit par ne plus rien régler.

Régulateur de Sorel. M. Sorel a eu l'heureuse idée de substituer à la dilatation trop faible des tiges métalliques, les grandes dilatations de l'air, renfermé dans une capacité close. La petite chaudière à régulateur (fig 2221 et 2222) montée par M. Sorel dans le couvoir de madame Rousseau, consiste en une chemise extérieure en cuivre A qui reçoit un vase intérieur sans communication avec elle ; au centre est ajusté un cylindre en tôle avec un foyer, et des trous, percés au bas de ce cylindre, portent au foyer l'air destiné à la combustion, et qui arrive à travers l'enveloppe extérieure du tube vertical D fermé en haut, et muni seulement de trous d'entrée à sa circonférence. Les produits de la combustion passent à travers un grand nombre d'orifices percés dans le cylindre du foyer, et échauffent avec le calorique dégagé, l'eau de la chaudière, sans la mettre jamais en ébullition, comme le ferait un foyer direct. Puis la fumée s'échappe par un tuyau de tôle muni d'une clef. Autour du tuyau d'arrivée d'air est un récipient renversé, servant de flotteur et rempli d'air, qui se dilate quand la température s'élève, et, s'élevant en même temps, va fermer les trous d'arrivée d'air et ralentir la combustion. — Il descend, au contraire, dès que la température s'abaisse, ouvre un plus large passage à l'air d'alimentation, et rend à la combustion toute son activité. Un petit tuyau, muni d'un bouchon, sert à régler la quantité d'air renfermée dans le récipient, de manière à fermer complétement l'ouverture d'admission d'air au degré maximum que l'eau de la chaudière doit atteindre comme à l'ouvrir en entier au degré le plus bas, et d'obtenir ainsi une température constante, à un degré près.

Les variations atmosphériques exigeant des variations dans l'intensité du chauffage, on augmente ou on diminue la quantité d'air contenue dans le flotteur suivant

que la température extérieure est plus ou moins élevée, et qu'il faut diminuer ou augmenter la quantité de combustible brûlé.

Il suffira, pour déterminer les dimensions d'un semblable appareil, de calculer le volume d'air renfermé au degré de règle, et l'augmentation de volume que cet air éprouvera, tant par la chaleur que par la différence de tension de la vapeur, depuis le degré de règle jusqu'à celui maximum où l'on veut que le registre soit complétement fermé. Avec les rapports de section des vases, on aura l'amplitude de mouvement du flotteur, et on déterminera les leviers nécessaires pour développer la course complète d'un registre ou d'une valve. M. Bonnemain, pour régler les beaux appareils dont nous allons parler, a trouvé un régulateur de température que nous ne donnons pas ; il repose sur le principe de l'inégale dilatation du plomb et du fer pour ouvrir le tuyau ou fermer le registre de l'introduction d'air du foyer ; mais cet appareil, outre plusieurs défauts spéciaux, est loin de valoir celui de M. Sorel.

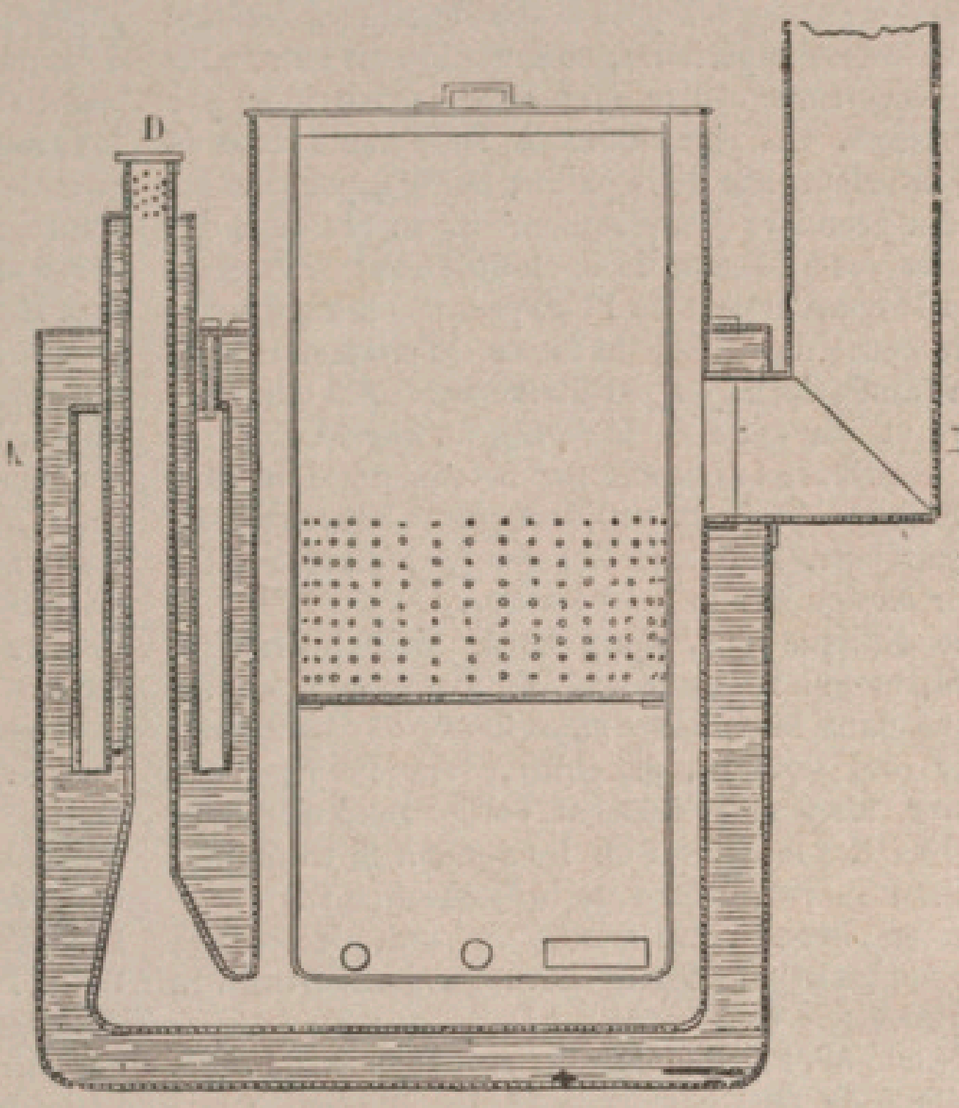
INCUBATION ARTIFICIELLE.

L'art de couver artificiellement les œufs et de faire éclore les poulets est une des inventions les plus curieuses de l'homme, comme la reproduction d'un acte encore mystérieux de la nature. Mais on s'explique facilement cette découverte dans un pays aussi chaud et aussi sec que l'Egypte, et dont les habitants ont chaque jour sous les yeux plusieurs espèces d'animaux qui laissent couver leurs œufs dans le sable à la seule chaleur du soleil.

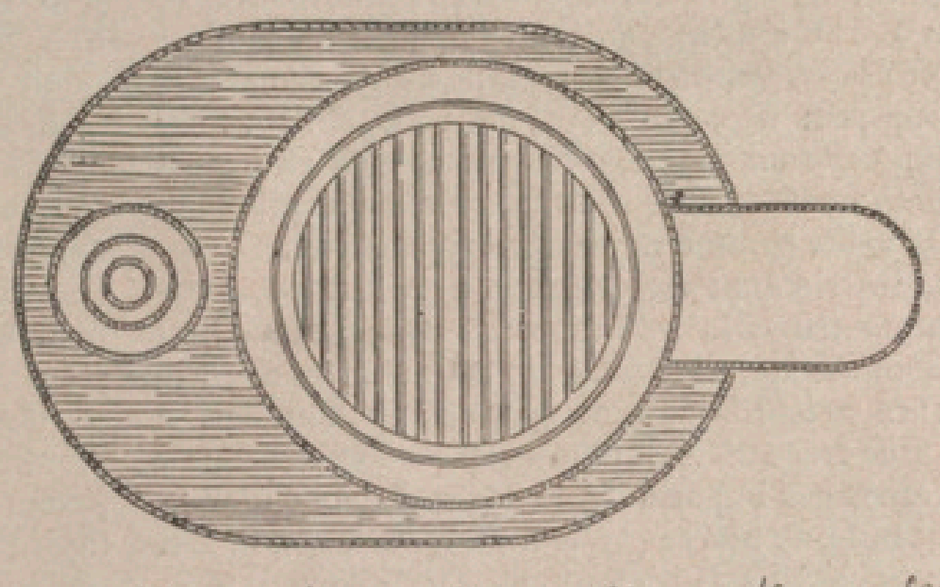
De l'observation de ce fait à l'imitation artificielle du procédé, il n'y avait qu'un pas (1).

On trouve, en effet, quelques mots sur cette industrie des Egyptiens dans Aristote et dans Diodore de Sicile. Il n'en est aucunement question dans Hérodote, d'ailleurs si exact dans la description de tout ce qu'il a vu de remarquable en Egypte, d'où l'on peut conclure que cet art est né dans l'intervalle écoulé entre les époques où écrivaient Hérodote et Aristote. Aujourd'hui, cet art est encore florissant dans l'Egypte, qui lui doit la grande abondance de volaille dont elle est pourvue. L'éclosion des œufs paraît, d'après quelques mots de Pline, avoir eu lieu d'abord dans des couches de fumier où la fermentation développe une chaleur douce et régulière, procédé employé depuis par Réaumur. Mais vers le temps de Pline le naturaliste, on y substitua *l'emploi des fours artificiellement chauffés, où les œufs étaient placés sur des lits de paille*. Ces fours, appelés *mamals*, existent encore aujourd'hui. Ils sont banaux et communs à vingt ou vingt-cinq villages Ils consistent (figures 2223 et 2224) en plusieurs systèmes de chambres accouplées, construites en maçonnerie très épaisse, presque entièrement enterrées sous le sol, et auxquelles on n'arrive que par un long corridor, défendu encore par des cloisons, dispositions merveilleusement bien combinées pour obtenir la température parfaitement égale qui est nécessaire au développement des poulets. Les Egyptiens n'ayant, en effet, que des procédés de chauffage grossiers, c'est par la masse de maçonnerie qu'ils ont été obligés d'en régulariser les effets.

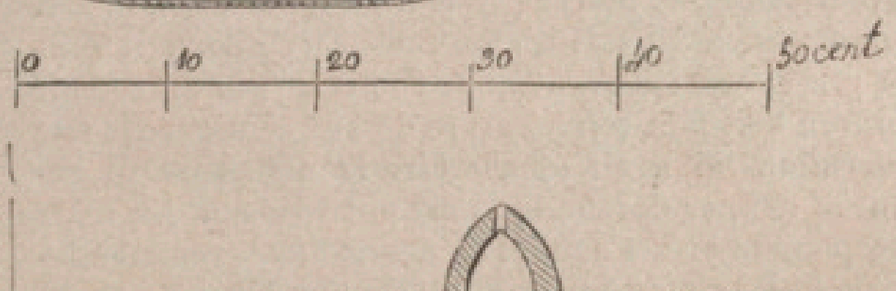
(1) Le savant M. Ed. Biot a bien voulu rechercher, sur notre demande, si dans les ouvrages chinois qui traitent des arts, ou dans les mémoires des missionnaires, il n'était pas parlé de procédés analogues. Il n'en a trouvé aucune trace

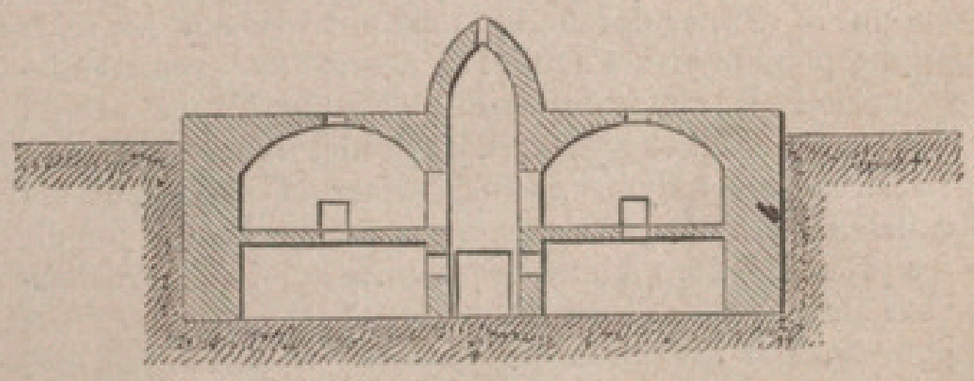


2221.

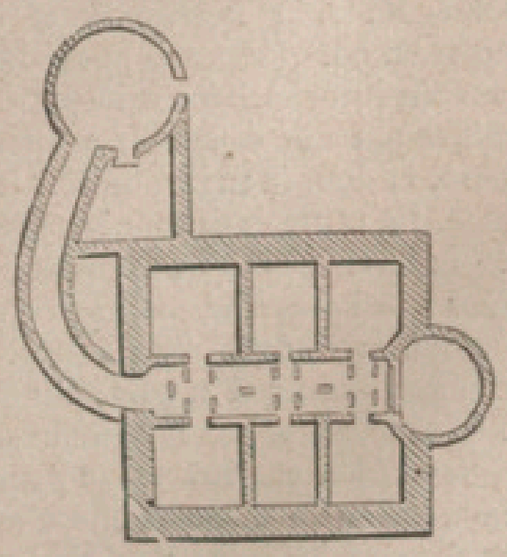


2222.





2223



2224.

Chaque système se compose d'une chambre inférieure et d'une chambre supérieure, communiquant entre elles par une ouverture centrale et avec le corridor par des ouvertures. On place 6000 à 7000 œufs dans la chambre inférieure sur de la paille; on fait, pendant les huit ou dix premiers jours seulement, du feu dans des rigoles réservées à l'entrée de la chambre supérieure, en y brûlant le combustible de l'Egypte, des mottes composées de bouse de vache, de fiente de chameau et de paille ; la fumée s'échappe par l'ouverture de la chambre supérieure et par celle de la voûte du corridor, et la chambre inférieure s'échauffe par la transmission de la chaleur du four supérieur. Trois ou quatre heures de feu suffisent par jour. Plusieurs fois par jour on remue les œufs pour en égaliser la température.

Vers le dixième jour, après avoir visité les œufs à la lumière, et enlevé ceux qui sont mauvais, on les monte tous dans la chambre supérieure, où les mêmes soins leur sont donnés, et enfin, vers le vingt-et-unième jour, les poulets éclosent. On les rend alors aux propriétaires des œufs, ou on les vend à la trentaine. Leur nourriture paraît être de la farine de millet.

Les poulets, avant d'être mis à l'air, sont placés dans la galerie centrale pour les accoutumer lentement à la température extérieure.

L'art de conduire les *mamals* est resté concentré dans le *seul* village de *Bermè*, dans le Delta, et chaque année les Berméens, au commencement de l'automne, se répandent dans toute l'Egypte pour y exercer leur industrie, qui exige évidemment une grande expérience pratique. Pour prix de leurs soins, ils prennent tous les poulets qui éclosent au-delà des deux tiers des œufs qu'on leur a confiés, déduction faite de ceux qu'ils ont rejetés à la visite comme ne se développant pas.

Cette industrie était restée ignorée en Europe, lorsque Réaumur travailla à l'introduire en France. C'est l'un des hommes qui ont réuni le plus heureusement la connaissance scientifique aux applications d'atelier. Il consacra à ce travail de longues séries d'expériences, plusieurs ouvrages importants, et rédigea même une instruction-pratique, mais sans en faire réellement un art.

Comme l'avaient fait d'abord les Egyptiens, il employa presque exclusivement le fumier, pour entretenir un four en bois à la température de 40° centigrades que l'observation lui avait appris être la meilleure. Il reconnut le danger des émanations putrides sur les œufs ou les poulets près d'éclore, la nécessité du renouvellement de l'air sur les œufs, et en conclut l'existence du phénomène de la respiration du poulet dans son œuf. Il rechercha les moyens de régulariser la chaleur de ses couches de fumier, mais avec peu de succès, car jamais ses procédés n'ont donné de produits suivis. Ses recherches sur les moyens d'éducation et de nourriture des poulets, son invention des *poussinières* grillagées, des *mères*, garnies de peaux de mouton, encore employées, sont surtout remarquables.

L'auteur de l'ornithotrophie, Copinleau (1783), vint ensuite apporter un four ingénieux et bien disposé : c'était une hutte en bois, à enveloppes doubles et rembourrées, recevant intérieurement les œufs sur des étagères, et chauffée par une espèce de calorifère placé à la partie inférieure, et dont le tuyau de fumée sortait par le haut de la hutte. La hutte était munie de moyens de ventilation; etc. Cet ouvrage est une bonne instruction sur tous les moyens pratiques d'exécuter en grand l'incubation et l'éducation artificielle des poulets.

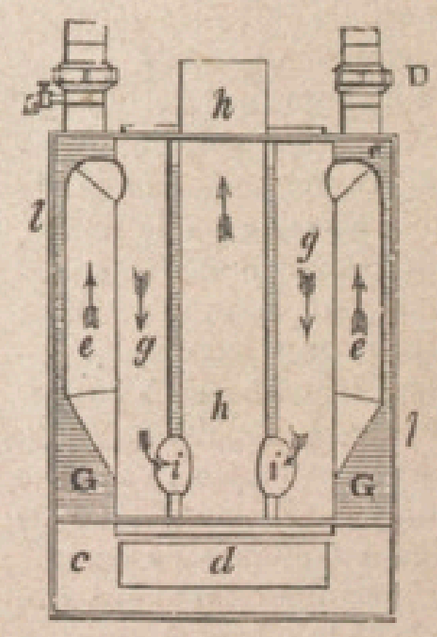
Mais c'est Bonnemain qui a porté l'incubation à son degré actuel de perfection par la découverte du *chauffage à circulation d'eau*, et l'invention pour chacune des phases de l'incubation de dispositions d'appareils merveilleusement simples. Il fut le premier qui pratiqua cette industrie en grand comme spéculation, et qui vendit longtemps des poulets sur les marchés de Paris. On a répété partout que la révolution avait ruiné son établissement ; c'est une erreur. Ce qui l'a ruiné, certainement ce n'est pas la révolution française, c'est, outre tous les frais d'essais manqués dans lesquels un inventeur comme lui a dû s'engager, le haut prix de la nourriture nécessaire aux jeunes poulets, comme l'ont observé et éprouvé ceux qui, en France, en Angleterre et aux Etats-Unis, ont voulu, avec les moyens parfaits de Bonnemain, tirer un parti industriel de ses procédés. Un appareil, monté par lui-même, fonctionne encore aujourd'hui au Pecq, chez madame Rousseau, qui y a seulement ajouté le régulateur de Sorel. Madame Rousseau, avec une généreuse persévérance, a voulu honorer les travaux de Bonnemain et conserver à la France ce modèle d'un art qui, à notre avis, aurait dû donner de bons résultats, et qui commence à se répandre dans les fermes avec les petits couvoirs. C'est à la bienveillance de madame Rousseau que nous devons tous les détails qui suivent. Bonnemain, qui a tant inventé, et dont toutes les inventions portent un caractère si hautement pratique, Bonnemain, par une crainte exagérée des contrefacteurs, n'a jamais rien écrit. Nous sommes heureux de pouvoir donner ici, avec tous ses détails, l'art de l'*éducation des poulets*.

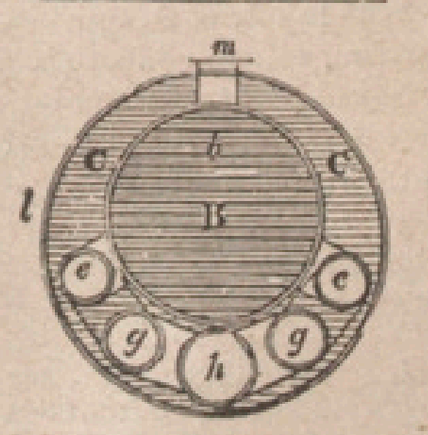
Nous n'avons pas besoin d'insister sur l'impossibilité où l'on serait de trouver assez de poules couveuses pour obtenir seulement 100 poulets par jour ; il faudrait plus de 2500 poules à raison de 12 œufs par poule et une poule sur dix qui puisse couver : quelle dépense et quels embarras !

Avec l'incubation artificielle, rien n'est plus facile, c'est une véritable industrie.

Les appareils d'éclosion sont renfermés dans une chambre partagée en trois parties par des cloisons. Dans un angle est un petit cabinet bien clos, peu éclairé, pour être facilement maintenu à 39° centigrades, température nécessaire à l'éclosion, et qui reçoit le *couvoir*. — Cet appareil (fig. 2227) est un bâti composé de montants et de traverses sur lesquels on fait glisser des tiroirs destinés à recevoir les œufs. Des bandes de vieux tapis retombent par devant les tiroirs, et ferment entièrement le bâti ; et de plus, une couverture recouvre entièrement le bâti pour y mieux concentrer la chaleur. Les deux bouts du bâti, le plafond et le fond, isolés du sol, sont fermés à demeure par des panneaux de bois, et au-dessus du plancher inférieur sont suspendues des peaux de mouton faisant la courbe, et isolées de ces planches de 4 centimètres.

2225.





2226.

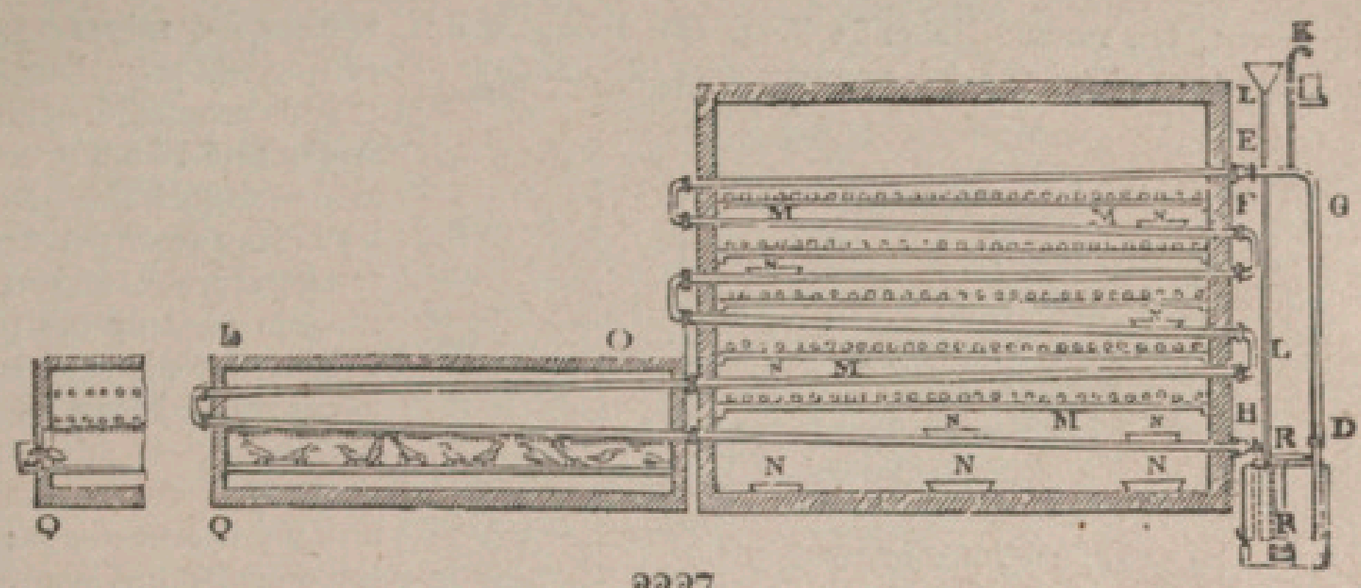
Cet étage inférieur sert de promenoir aux poulets nouvellement éclos, qui cherchent sous les peaux de mouton, appelées *mères*, la chaleur artificielle dont ils ont besoin.

Un promenoir extérieur, grillagé, placé du côté de la fenêtre, sert à faire sortir et manger, pendant les six ou huit premiers jours, les poulets par deux petites trappes.

A ces dispositions si ingénieuses, Bonnemain a ajouté son bel appareil de chauffage à circulation d'eau, dont nous avons parlé en détail à l'article *chauffage d'habitation*.

Une petite chaudière de cuivre (fig. 2225 et 2226) munie d'un foyer intérieur, et remplacée chez madame

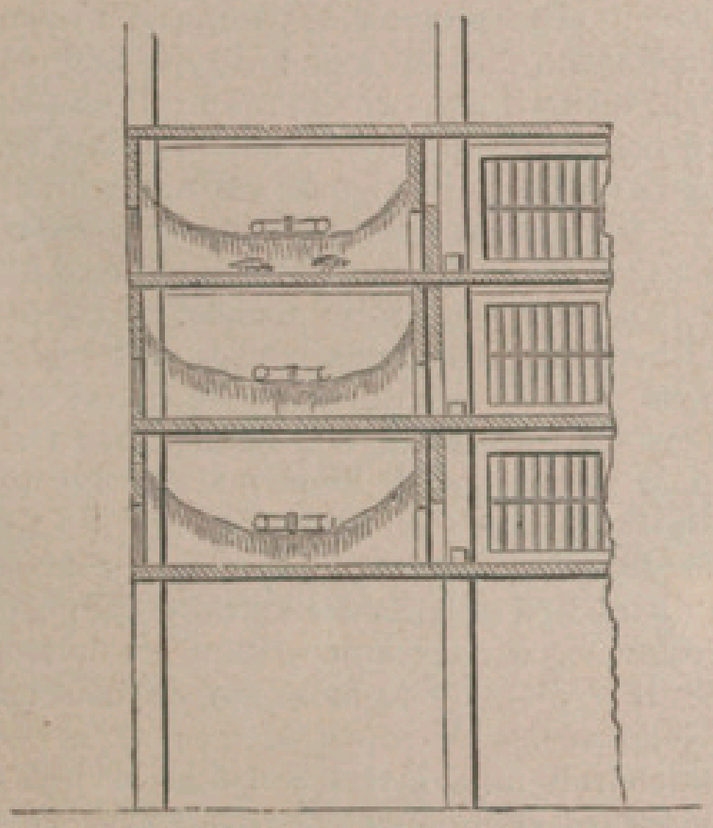
Rousseau par le régulateur de Sorel, porte à sa partie supérieure un tuyau en cuivre de 0m,06 de diamètre, plein d'eau (fig. 2227), qui monte jusqu'en haut du couvoir et s'y ramifie en sept branchements de 0m,01, qui courent dans la longueur du bâti, vont descendre par un tuyau unique à l'étage de tiroirs immédiatement inférieur, où il se divise de nouveau en sept tuyaux pour passer au-dessus des tiroirs de cet étage, et aller successivement, toujours en descendant d'étage en étage, chauffer tous les tiroirs, et rentrer enfin dans le bas de la chaudière par un tuyau unique. Par la combustion du charbon de bois placé dans le foyer, l'eau de la chaudière s'échauffe et circule d'une manière continue dans les colonnes montantes et descendantes de l'appareil, en y répandant une chaleur douce très égale, et réglée à volonté, comme nous l'avons dit, au moyen du régulateur Sorel.



2227.

A la partie supérieure de l'appareil est un petit tuyau destiné à évacuer l'air que dégage l'eau chauffée, ou qui s'introduit dans l'appareil, et qui en arrêterait la circulation. De côté se trouve un tuyau plus gros dans lequel plonge un siphon.

Dans la même salle sont placés les promenoirs (figure 2228), où l'on place les poulets après sept ou huit



2228

jours d'éclosion. Ce sont trois planchers superposés fermés à l'entour de grillage très fin, pour que les poulets ne puissent pas s'y étrangler.

A une extrémité du promenoir sont des cages, appelées mères, munies de peaux de mouton disposées comme nous l'avons déjà dit, communiquant avec le promenoir par de petites trappes que l'on ouvre ou ferme du dehors, et qui restent ouvertes pendant le jour pour que les poulets puissent à leur gré aller se promener, ou revenir chercher sous les mères une température plus élevée.

Deux tuyaux de circulation d'eau, partant d'un appareil indépendant de celui du couvoir, passent au-dessus des peaux de mouton, et servent à tenir les poulets à la température dont ils ont besoin.

Dans la salle même, dont les murs doivent être épais, est un poêle toujours chaud, qui dans cette salle empêche tout refroidissement. On lâche les poulets quand ils sont plus gros. Enfin, dans un angle est un cabinet où se trouvent des bâtons scellés horizontalement dans les murs, pour y faire percher les poulets quand on les ôte des *mères*.

Conduite de l'incubation.

Après avoir chauffé l'appareil pendant huit ou dix jours, pour vérifier s'il fonctionne bien et après avoir échauffé les murs, on place les œufs à couver dans les tiroirs, en choisissant des œufs qui n'aient pas plus de 15 ou 20 jours de date ; plus vieux ils donnent plus de déchet. Il faut choisir les œufs des poules dont on est sûr ; jamais ceux qui ont un vide à l'intérieur. Les poules ordinaires, les noires surtout, sont en général meilleures que les poules rousses. Les poules les plus fortes produisent, dit-on, plus de femelles que de mâles. Le nombre des coqs influe beaucoup sur la fécondité des œufs. S'il y a trop de coqs pour un nombre donné de poules, il y a plus d'œufs clairs ; il faut un coq pour huit poules.

Pour avoir des poulets sans interruption pendant toute la saison, on ne remplit les tiroirs que successivement, en rapport avec les quantités que l'on veut obtenir, en commençant à faire couver au mois de janvier, aussitôt que l'on peut se procurer des œufs.

On place dans chaque tiroir 60 ou 70 œufs sur un lit de paille de froment broyée dans les mains, avec une étiquette portant la date d'entrée et un thermomètre, et on les espace soigneusement pour éviter tout contact.

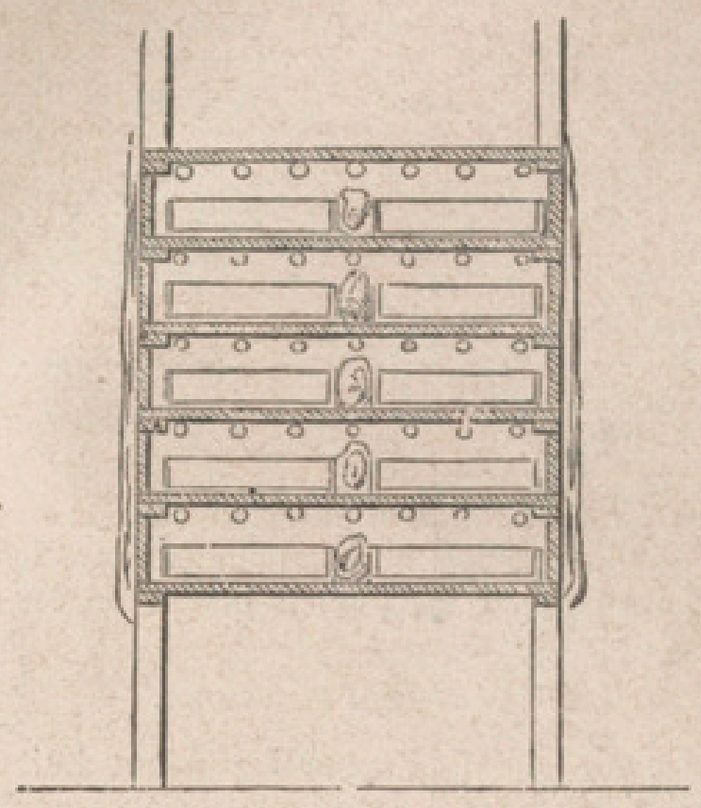
Entre les tiroirs, à chaque rangée, on place une éponge imbibée d'eau ; celle-ci est renouvelée chaque jour, et est destinée à entretenir un degré nécessaire d'humidité dans l'air chauffé du couvoir ; l'air trop sec dessécherait les œufs et tuerait les germes ou les poussins.

Les tapis et couvertures sont soigneusement baissés et la porte fermée, et on règle l'appareil de manière à maintenir dans le couvoir, rigoureusement, sans variations, 39° centigrades. C'est la condition la plus importante de l'incubation, et on a pu voir que c'était le but qu'on s'était proposé dans les différents appareils construits à toutes les époques. Une chaleur trop intense ou trop faible, ou même des variations importantes de chaleur, nuiraient gravement au développement de l'embryon. Bien que l'incubation puisse avoir lieu de 30 à 45° centigrades, la température la plus convenable est celle de 39°.

Le foyer se remplit matin et soir de charbon de bois, en réglant la marche du flotteur d'après la température extérieure de manière que dans les plus grands froids le foyer ne soit pas tout à fait vide le soir.

Pour 18 à 24 tiroirs à 70 œufs, il faut à peu près 15 à 20 litres de charbon de bois par jour. On doit visiter les œufs toutes les vingt-quatre heures. On les laisse s'aérer les portes ouvertes pendant un quart d'heure, afin d'avoir toujours de l'air frais dans les cases. Si la température n'était pas égale dans tous les tiroirs, on envelopperait de laine la portion de tuyau qui chaufferait trop

vivement. On renouvelle enfin l'eau des éponges, on referme tout et on rabat les couvertures (fig. 2229)



2229.

Après cinq jours de couvée, un œil exercé aperçoit déjà le germe développé en mirant les œufs à une vive lumière. Au dixième jour cela devient très facile, on voit le poussin remuer et des veines sanguines parcourir l'œuf dans tous les sens. Tous les œufs où le germe ne s'est pas développé, sont enlevés et cuits pour la nourriture des petits poussins.

Avant l'époque de l'éclosion, on étend dans le couvoir, à l'entour du bâti, un lit épais de paille broyée à la main, pour garantir de la mort les poussins qui souvent viennent à tomber. L'éclosion a lieu le vingt-unième et quelquefois le vingt-deuxième et le vingt-troisième jour. Tout le monde sait, d'après Bonnemain, que le poussin casse sa coquille en la frappant avec une éminence cornée dont le bout de son bec est armée, ce qu'on appelle *bécher*, et qu'il l'ouvre en faisant effort sur les morceaux séparés et en déchirant les membranes intérieures, après quoi il sort tout mouillé et se ressuie en deux heures de temps à l'étuve.

Le premier jour on laisse les poussins sortir de leur coquille sans les troubler ; le second jour seulement on aide ceux qui ne sont pas assez forts pour sortir, en brisant avec précaution la coquille avec une épingle. Quelquefois le petit poulet est trop faible pour sortir, ou même il est collé à la coquille par la dessiccation trop rapide des liquides intérieurs. Il attendrait trop longtemps pour sortir et en souffrirait. Il faut casser la coquille avec précaution pour l'aider, et le décoller avec un peu d'eau tiède pour lui permettre de se dégager. On enlève immédiatement les coquilles qui pourraient blesser les poussins, que l'on descend le deuxième jour à l'étage inférieur du couvoir sous les peaux de mouton, élevées au centre de 4 centimètres pour que les poulets n'en puissent pas être écrasés.

Les poussins sont laissés vingt-quatre heures sans manger; les jours suivants on les sort quatre ou cinq fois à la main, pendant un quart d'heure, dans le promenoir établi au bout du couvoir. A chaque sortie on leur donne à manger dans de petites auges en bois. On augmente ensuite le temps des sorties.

Quelquefois aussi on les laisse deux ou trois jours dans de la paille propre et menue avant de les descendre au plancher inférieur.

Ainsi accoutumés à l'air, on les porte après six ou huit jours sous les mères que nous avons décrites, et où la température est de 25 à 30 degrés centigrades. Les

trappes des mères restent fermées la nuit, et le jour on les ouvre, pour leur donner leur nourriture dans les grands promenoirs placés dans une salle, qu'un poêle entretient de 15 à 20° centigrades, en plaçant chaque jour la nourriture à 25 ou 30 centim. plus loin des trappes pour les accoutumer par degré à l'air de la salle. Quand la température extérieure est à 6 degrés au-dessus de zéro, la chaleur des poussins suffit sans les appareils pour entretenir sous les mères la température nécessaire à leur santé. L'eau, souvent renouvelée, qu'on leur laisse pour boire, est mise dans des vases de fer-blanc ayant un centimètre de saillie et de hauteur, pour éviter qu'ils ne s'y puissent noyer ; les vases de plomb ou de cuivre les empoisonneraient. On a grand soin de séparer les couvées par des cloisons, afin de régler la nourriture en raison de l'âge.

La nourriture donnée aux petits poussins est une question très importante, et qui a jusqu'à présent ruiné les établissements industriels d'incubation artificielle.

On prend toute la mie d'un pain de 2 kilogrammes avec laquelle on écrase et on pile dans un mortier le jaune de cinq ou six œufs cuits durs, et avant tout les jaunes des œufs avortés au couvoir, ou dont les poussins sont morts avant d'éclore : les poussins en sont pilés avec les jaunes d'œufs de manière à ne rien perdre. C'est la ration de 40 poulets pendant vingt-quatre heures.

Les blancs d'œufs sont cuits à part et passent dans la nourriture des poulets plus forts.

Après douze ou quinze jours, on donne aux poulets bien portants du petit blé tendre ou du maïs cuit, sans être écrasé, ou de la pomme de terre cuite et mise en boule, sur une soucoupe renversée, autour de laquelle tous viennent picoter sans rien perdre. A 20 poulets de trois semaines, il faut par jour 1 litre 1/2 de blé qui, à la cuisson, donne 3 litres environ. La mie de pain trempée modérément d'eau leur est aussi très bonne. Enfin on y ajoute tout ce qui est gâché dans la nourriture des petits poussins, gent très délicate sous ce rapport. Comme à l'homme, une nourriture alternée est très favorable au développement des poulets.

Ces diverses natures de nourritures sont évidemment trop chères pour donner des bénéfices dans l'éducation des poulets. Le savant d'Arcet, qui avait une si haute estime pour les travaux de Bonnemain, qui connaissait si bien les questions d'alimentation, proposait comme aussi simple qu'économique la pomme de terre cuite dans la dissolution gélatineuse extraite des os, et pour lester l'estomac, car cette nourriture serait trop substantielle, il y ajoutait de la sciure de bois ou de la tannée bien lavée.

On obtiendrait ainsi à très bon marché une excellente nourriture et des poulets rapidement et vigoureusement développés. Une pâtée dans laquelle entrerait, au lieu de jaunes d'œufs, de la viande de cheval cuite à la vapeur, réussirait aussi parfaitement aux jeunes poulets.

Les premières couvées de janvier restent deux mois sans sortir ; une heure suffit pour la première fois, et encore par un beau soleil. Chaque jour on allonge la sortie dans une cour, ou mieux en les classant par couvée sous des cages d'osier. Puis enfin ils passent dehors toute la journée ; mais il faut leur éviter toute humidité qui leur est funeste, et les rentrer surtout avant la soirée, ou quand la pluie les menace ; car alors, accoutumés à se presser ensemble sous les mères artificielles pour se défendre du froid, ils se précipitent en masse dans un des coins de la cour, montent les uns sur les autres sans qu'aucun effort puisse les arrêter, et ceux de dessous sont infailliblement asphyxiés.

Bonnemain a trouvé un procédé très ingénieux pour séparer par âge et par force les poulets de plusieurs couvées laissés libres dans une cour. Il a fait un escalier avec des marches de hauteur *croissante*. Sur

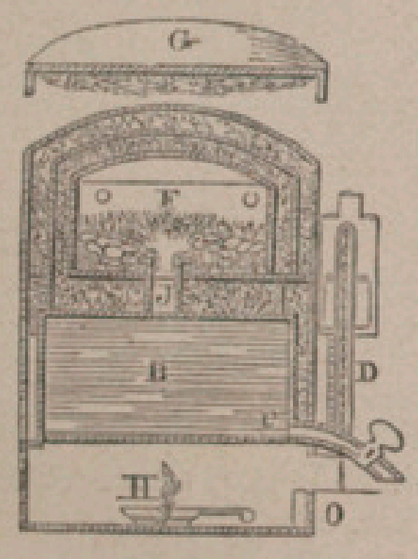
ces marches, il semait du grain ou toute autre nourriture que tous les poulets venaient manger. Il est évident que les poulets les plus forts pouvaient seuls monter sur les marches les plus hautes, et ils se trouvaient ainsi naturellement classés par taille et par âge. Après sept ou huit semaines, on les fait coucher sous les mères; puis alors ils perchent dans le cabinet-perchoir dont nous avons parlé plus haut. Quant aux couvées de l'été, on les sort à quinze jours ou trois semaines, mais à l'ombre seulement; à trois mois, ils sont bons à vendre et à manger.

Jusqu'à cet âge, on perd ordinairement 20 p. 0/0 des poulets éclos. Leur maladie la plus habituelle est une diarrhée due le plus souvent à la température trop élevée des mères, ou à ce qu'ils s'y trouvent trop serrés, et que l'on guérirait probablement par un régime de riz bien cuit. Il en périt aussi beaucoup par asphyxie, comme nous l'avons dit, étouffés par les autres. Il faut, pour éviter les pertes, exercer une active surveillance, séparer ces poulets trop nombreux, les rentrer à chaque menace de pluie, ou bien avant l'arrivée de la nuit; se défendre surtout contre les grandes chaleurs, qui sont même défavorables aux éclosions; car les couvées qui réussissent le mieux sont celles de la fin de l'hiver.

Incubation artificielle par les eaux minérales. — D'Arcet a essayé aussi à Vichy, en 1827, et ensuite à Chaudes-Aigues, l'incubation artificielle pour donner de belle volaille aux malades qui arrivent de bonne heure aux eaux et qui n'y trouvent que des poulets excessivement petits. Les œufs étaient placés dans un panier suspendu dans une chambre chauffée par le passage des eaux minérales dans un poêle métallique. L'éducation de ces poulets, même pendant l'hiver, dans des salles chauffées de la même manière, ne peut présenter aucune difficulté. C'est un procédé très ingénieux. Nous ne parlerons d'aucune des dispositions de procédés que l'on trouve décrites dans le Bulletin de la Société d'encouragement, dans le Dictionnaire des découvertes, les Mémoires de l'Académie des sciences, etc. : aucun n'a même fonctionné, et les procédés de Bonnemain sont restés ce qu'il y a de plus parfait.

Couvoirs portatifs. — Si cependant l'incubation artificielle, comme industrie spéciale, n'a pas vécu et donné des bénéfices, l'éclosion artificielle par de petits appareils portatifs s'est répandue dans beaucoup de fermes, où elle a donné de très bons résultats.

Le meilleur de ces appareils est le *caléfacteur-couvoir* de Lemare, inventeur aussi original et aussi pratique que Bonnemain. Cet appareil, représenté en coupe (fig. 2230), consiste en une boîte inférieure en bois A, qui supporte l'appareil à eau chaude B, et contient la lampe à esprit de vin H. Un vase en cuivre ou en zinc B, rempli d'eau, et qui reçoit la chaleur transmise par la lampe pour la transmettre et l'égaliser sur les œufs. Ce vase porte un tube P, qui sert à le remplir d'eau, et un petit tube pour évacuer l'air de la partie supérieure au moment du remplissage. Un panier aux œufs F, isolé de l'enveloppe double G, remplie de ouate pour éviter tout refroidissement; enfin un couvercle ouaté également. La lampe à esprit de vin, bien plus régulière que la lampe à huile, est placée sous le vase d'eau et réglée de hauteur pour entretenir dans le pa-



2230.

nier la température nécessaire de 39° donnée par un thermomètre qui plonge au milieu des œufs, et dont la tige sort au dehors. Un régulateur du feu, reposant sur le principe de la dilatation de l'eau, consiste en un flotteur creux, lié par une chaînette à un registre qui ouvre ou ferme l'arrivée de l'air nécessaire à la combustion de la lampe. Quand l'eau est trop chaude, la dilatation fait monter le flotteur et fermant toute arrivée d'air, ralentit la combustion de la lampe. Il ouvre, au contraire, cette arrivée, et active la combustion quand l'eau, en se refroidissant, fait baisser le flotteur. La mèche de la lampe est coupée soir et matin, et on vérifie de temps en temps le règlement et la marche du régulateur.

Dans le couvoir Sorel, les œufs sont enveloppés de toutes parts d'eau chaude en circulation, montant par un tuyau central et redescendant par des tubes latéraux; le tout entouré d'une enveloppe en bois ou en carton. Le régulateur est, sur le principe que nous avons décrit, un récipient renversé, plein d'air, et qui entoure la chaudière centrale. L'excès de température de l'eau, en dilatant l'air, fait monter le récipient qui enveloppe concentriquement la cheminée, ferme les trous latéraux par où s'échappent les produits de la combustion, et ralentit celle-ci, et réciproquement l'active en ouvrant tous les orifices quand la température de l'eau vient à baisser. La sensibilité de ce régulateur est parfaite. Les conditions principales à observer sont l'installation de l'appareil dans un endroit très calme et très isolé. Le choix des œufs, la conduite de l'incubation et les soins à donner aux poussins sont les mêmes que dans le grand appareil. Il faut toujours régler la température de l'appareil avant d'y introduire les œufs.

Mais dans une ferme on ne peut pas organiser l'éducation des poulets, quand ils sont sortis des étuves, comme on le ferait dans une entreprise industrielle. Il faut faire conduire, surveiller et réchauffer tous les poussins comme le font les poules. Celles-ci acceptent difficilement la conduite des poussins qu'elles n'ont pas couvés; les chapons, au contraire, adoptent tous les poussins de tout âge qu'on leur confie, quand on les a dressés et accoutumés à les conduire : ce conducteur est presque toujours facile à leur donner. Un chapon conducteur suffit à 40 ou 50 poussins, et a pour chacun d'eux tous les soins de la mère la plus vigilante. A défaut de chapons conducteurs, on loge les jeunes poulets dans une poussinière portative grillée comme les promenoirs que nous avons décrits, et fermée par un couvercle et dans laquelle on place une mère portative de 0m,50 de longueur, donc la peau de mouton est plus haute à l'entrée qu'au fond pour que les poulets de toutes les tailles y trouvent refuge. Quand la température extérieure est trop froide, on place le soir sous la mère un vase plein d'eau chaude. Les deux bouts de la mère doivent être fermés seulement avec un rideau tombant en flanelle pour éviter que les poulets, en s'y entassant ne viennent à s'étouffer. Une poussinière de 1 mètre de longueur, 0m,32 de largeur et autant de hauteur, suffit à 50 poussins.

La propagation de ces ingénieuses méthodes contribuera puissamment à multiplier les volailles dans les fermes et les maisons de campagne, et sera une source nouvelle de richesse agricole pour la France.

PH. GROUVELLE.

RÉGULATEUR POUR TEMPÉRATURES ÉLEVÉES. — TORRÉFACTEUR. Le régulateur Sorel ne peut évidemment convenir que pour des températures moins élevées que 100°; le problème de la régularisation des hautes températures se trouvait donc réduit aux solutions peu satisfaisantes dont il est parlé au commencement de cet article, lorsqu'il a été repris par M. E. Rolland, qui s'est proposé de monter dans les manufactures de tabac, pour arrêter la fermentation par-

dessiccation, des torréfacteurs dont l'action fût entièrement automatique.

Je décrirai d'abord cet appareil.

Le tabac, à un certain moment de la fabrication, doit être soumis à une température supérieure à 100°, opération qu'on désigne sous le nom de torréfaction. Jusqu'à l'époque où a été construit l'appareil que nous allons décrire, cette opération, dans les manufactures de l'État, s'exécutait en plaçant le tabac sur des plaques métalliques chauffées par la chaleur d'un foyer ou sur des tuyaux placés parallèlement et chauffés par la vapeur; mais, par ces différents procédés, les circonstances dans lesquelles se trouvait le tabac n'étaient pas toujours les mêmes, et les ouvriers se trouvaient nécessairement soumis à des émanations peu salubres. Voici comment M. Rolland est parvenu à produire la torréfaction du tabac en vase clos, d'une manière continue et à une température constante.

Voici quelle est la disposition de l'appareil :

Un cylindre de 5m,50 de longueur, garni de nervures hélicoïdales, placé horizontalement, tourne uniformément autour de son axe, de manière à faire six à huit tours par minute. A une des extrémités, le tabac est introduit régulièrement, les nervures du cylindre le font marcher dans le sens de l'axe; des fourches, convenablement placées dans l'intérieur du cylindre, le divisent constamment, et à l'extrémité du cylindre il tombe dans une caisse garnie d'une soupape qui s'ouvre sous une certaine charge et se referme aussitôt. Au-dessous du cylindre se trouve un foyer qui rayonne sur lui et dont les gaz ne s'échappent qu'après avoir parcouru sa surface, en entraînant les vapeurs résultant de la torréfaction. Enfin, un petit appareil placé en dehors du fourneau fait varier l'orifice d'accès de l'air dans le foyer, de manière que la température du cylindre torréfacteur soit constante. C'est cet appareil que M. Rolland appelle thermo-régulateur; il peut être employé dans un grand nombre de cas pour fixer des températures comprises dans des limites très-étendues. Dans ses premières dispositions, il employait des colonnes barométriques, mais l'emploi de tubes courbés, semblables à ceux imaginés par M. Bourdon pour la construction de ses manomètres, a beaucoup simplifié l'appareil.

Nous ne décrirons que cette dernière forme.

Concevez un fléau de balance qui repose sur un couteau; une extrémité est surmontée d'un poids qui fait équilibre à un plateau circulaire suspendu à l'autre extrémité. Ce plateau, qui se trouve au-dessus d'une ouverture circulaire horizontale par laquelle l'air doit passer pour se rendre sous la grille du foyer, est destiné à diminuer plus ou moins le passage de l'air. Un réservoir métallique est placé dans le lieu dont on veut maintenir la température constante, et un tuyau de petit diamètre met ce réservoir en communication avec un tube manométrique en spirale (système Bourdon), placé de champ du côté opposé au plateau de la balance. Le manomètre, en recevant de l'air chaud, se gonfle; sa courbure change, il se redresse. Alors son extrémité libre tire une tringle horizontale liée à un petit bras de levier situé au-dessous du fléau. Le fléau s'incline; le plateau qui forme soupape s'abaisse, obstrue plus ou moins le passage de l'air, et peut même l'intercepter entièrement. C'est, on le voit, toujours sur l'emploi de l'air chaud que repose cet appareil, comme ceux décrits précédemment.

Mais le tube manométrique se déforme à la fois par l'action de l'air chaud à l'intérieur et par la pression extérieure de l'air atmosphérique; car, si la pression augmente, le tube se déforme et son extrémité libre incline le fléau. Pour détruire cet effet, M. Rolland a placé du côté opposé au manomètre un second tube en spirale, vide d'air : quand la pression atmosphérique augmente, il se déforme et il incline aussi le fléau, mais en sens contraire. Par cette heureuse addition d'un tube simplement barométrique, les variations de la pression atmosphérique sont sans effet, et les mouvements du fléau et de la soupape ne sont déterminés que par les changements de température dans le réservoir et dans le tube manométrique. Aussi, la soupape régulatrice s'abaisse ou s'élève automatiquement par les plus légers changements de température, et cet appareil fonctionne parfaitement.

RELIURE (angl. *bookbinding*, all. *buchbinderei*). Les feuilles, en sortant des mains de l'imprimeur, sont pliées et assemblées par le brocheur. Ce travail est trop simple pour devoir être décrit avec grands détails. La vue des formes d'imprimerie représentée à l'article IMPRIMERIE, c'est-à-dire la disposition des pages sur la feuille de papier développée, montre bien comment elles doivent être pliées pour former un livre. La pliure doit être faite avec soin, page sur page, en se guidant pour l'ordre des feuilles d'après la signature (marque de chaque feuille) qui est située au bas de la première page.

Les diverses feuilles sont ensuite cousues et assemblées avec un fil, recouvertes d'une couverture imprimée; ce livre est alors dit *broché*, et se vend habituellement en cet état.

Brochure à la mécanique. Le brochage des livres paraît à première vue une des industries les plus difficiles à soustraire au travail manuel, et les opérations des ouvrières, qui consistent à plier et à coudre les feuilles d'un livre, semblent peu susceptibles d'être effectuées par machines. Cependant on a vu à Londres, en 1862, au milieu des machines venant de Suisse, un appareil fort ingénieux, représenté fig. 2231, ayant pour but de plier et piquer les feuilles imprimées.

Je décrirai cette machine et j'emprunterai quelques détails historiques sur son invention à une notice que le constructeur de cette machine faisait distribuer aux visiteurs qui s'intéressaient au fonctionnement de cette machine.

L'idée première de la machine, l'invention de son organe opérateur essentiel et nouveau, est due à un relieur nommé Sulzberg. Il s'associa avec un mécanicien, nommé Graf, pour exécuter la première machine, qui fut exposée à la foire de Leipzig en 1859. Cette machine marchait imparfaitement; mais bientôt, avec le concours d'un habile mécanicien nommé Tanner, ils l'amenèrent à un haut degré de perfection.

La machine, mue à bras par un homme, ou mieux par la vapeur, plie, pique et satine au moins mille feuilles à l'heure, et peut aller au delà si l'ouvrier margeur, qui place la feuille sur la table de la machine, est habile.

Pour les journaux, comme une marge régulière, obtenue en plaçant deux lettres de la feuille sous deux pointes de la machine, comme nous allons l'expliquer plus loin, n'est plus nécessaire; que l'on peut se contenter d'une pliure moins parfaite, on peut obtenir plus de rapidité. M. Tanner, empruntant un organe qui se trouve dans des machines à enveloppe, un tuyau percé de trous à sa partie inférieure, dans lequel un soufflet produit une aspiration, put supprimer l'ouvrier margeur, le tube venant à chaque mouvement de la machine enlever une feuille du tas placé près de la table pour l'apporter sur la table supérieure de celle-ci. La machine peut alors replier d'équerre, quatre ou cinq fois, suivant qu'il est nécessaire, 2,800 à 3,000 feuilles à l'heure.

Expliquons maintenant la manière d'opérer de la machine, en décrivant l'opération pour une feuille in-octavo, pour le premier cas qui est le plus compliqué.

RELIURE.

Le margeur ayant mis la feuille sur la table supérieure, à la place indiquée par les deux pointures, qu'il fait coïncider avec deux lettres, deux signes quelconques, mais toujours les mêmes pour chaque feuille, un couteau vertical descend et entraîne la feuille par son milieu à travers une fente pratiquée au milieu de la table, la plie en deux par conséquent. C'est là, pour nous, l'organe opérateur nouveau et fonctionnant fort bien, qui doit faire le succès de cette machine. Le couteau remonte immédiatement, pendant que la feuille est poussée par un second couteau

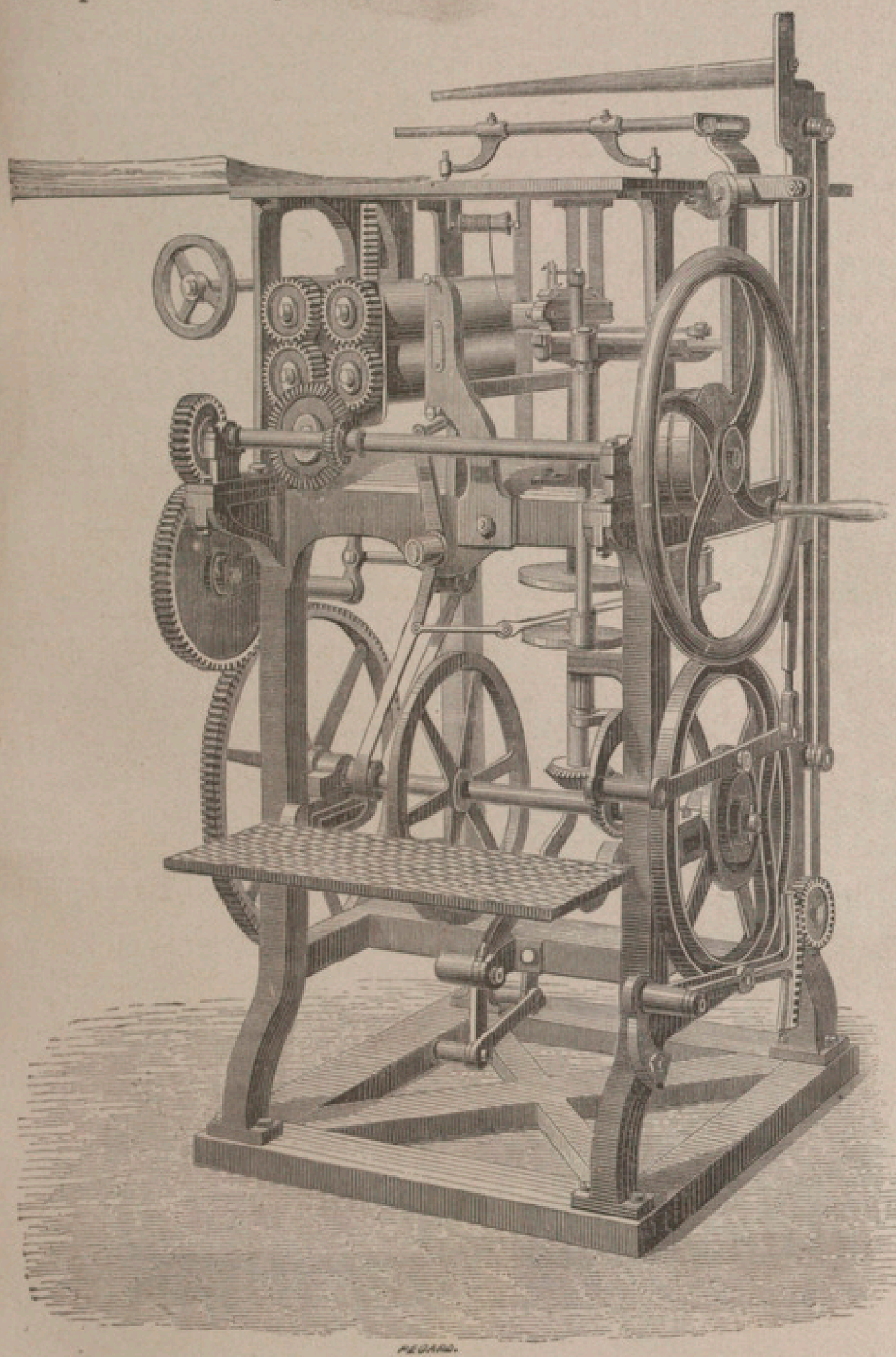


Fig. 2231.

horizontal, marchant de gauche à droite, ce qui forme un second pli à angle droit avec le premier. Le milieu de la feuille ainsi pliée se trouve alors en face d'une paire de cylindres cannelés, dont nous indiquons plus loin l'usage. C'est en ce moment que s'effectue la piqûre. Deux aiguilles, ayant entre elles l'écartement voulu, percent la feuille en son milieu, et tirent, à l'aide de crochets qui les terminent, le fil qui se déroule d'une bobine, et qui est coupé à la longueur convenable par des ciseaux qui font partie de la machine. Enfin la feuille est pliée une troisième fois, par le mouvement horizontal d'un couteau en forme de T, à angle droit avec le second. La feuille est, par ce couteau, poussée par son milieu, et elle s'engage entre les cylindres cannelés, qui en tournant l'entraînent à travers un laminoir qui la satine. Elle tombe de là dans une boîte qui reçoit les feuilles pliées et satinées, et qui sont facilement réunies, après un assemblage, en un volume, au moyen d'un peu de colle forte, qui colle sur le dos toutes les extrémités des fils qui sortent de chaque feuille. Après le séchage, il n'y a plus qu'à appliquer la couverture, pour avoir le volume broché avec une solidité parfaitement satisfaisante pour une simple brochure, mais non aussi grande que par la couture de toutes les feuilles avec un même fil, comme nous allons le dire en passant en revue les diverses opérations qui composent le travail du relieur.

Le relieur commence son travail en coupant et enlevant les fils qui ont servi au brochage pour assembler les feuilles. C'est le commencement de la série de ses opérations, que nous allons successivement passer en revue.

Battre le livre. C'est sur un bloc de pierre ou de marbre d'environ $0^m,80$ de haut sur $0^m,40$ à $0^m,50$ en carré, qu'on désigne sous le nom de *pierre à battre*, qu'on bat les livres pour en rendre toutes les pages bien planes. La pierre de liais est préférable au marbre; elle a le grain très-fin et lisse moins le papier. Sa surface doit être très-unie et horizontale.

Le marteau du relieur est une masse de fer dont la tête est large et carrée, de $0^m,10$ environ de côté. Les vives arêtes sont arrondies, afin que les batteurs ne soient pas exposés à couper les feuilles. La surface de la tête est un peu convexe; les relieurs appellent cette convexité *la panse* du marteau. Le manche est court et gros; il est assez élevé pour que les doigts du batteur ne puissent jamais toucher la pierre, afin d'éviter qu'il ne se blesse. Le marteau avec son manche pèse environ 5 kil.

L'adresse est plus nécessaire que la force pour battre. Il suffit d'avoir la force de soulever le marteau; on le laisse ensuite retomber par son propre poids, bien parallèlement à la surface de la pierre. L'ouvrier tient la *battée* d'une main et le marteau de l'autre. Le premier coup de marteau se donne au milieu de la feuille; le second et les suivants se donnent en tirant la battée à soi, mais de manière que le coup qui suit tombe sur le coup qui précède au tiers de sa distance, afin que le coup suivant couvre des deux tiers le coup précédent, et d'éviter par là de faire des bosses qu'on appelle *noix*. On tire toujours la battée vers soi, jusqu'à ce qu'on soit arrivé à l'extrémité la plus éloignée du coup. Alors on tourne la battée entière du haut en

bas, et l'on frappe du même côté, en commençant à couvrir des deux tiers le premier coup qu'on a donné, et on continue de même avec les mêmes précautions.

Dans les grands ateliers, on remplace par un laminoir, entre les cylindres duquel on fait passer des cahiers de six à douze feuilles, l'opération longue et coûteuse du battage. L'effet produit est bien suffisant lorsqu'il s'agit de produire des cartonnages anglais et que les feuilles sont tirées depuis peu de temps; alors qu'un battage peut être dangereux, l'encre pouvant tacher les feuilles, pouvant *maculer*.

Grecquer. On donne ce nom à l'opération qui consiste à faire des entailles sur le dos du volume, à l'aide d'une scie à main, dans le but d'y cacher la ficelle qui réunit les fils de la couture de toutes les feuilles. Après avoir ballotté le volume par le dos et par la tête, afin de bien égaliser les cahiers, l'ouvrier le place entre deux *membrures*, qui sont des ais plus épais d'un côté que de l'autre, de manière que le volume sorte de 6 à 8 millimètres, il le place dans la presse et le serre très-légèrement. Comme les membrures sont plus épaisses du côté du dos que du côté de la tranche, elles serrent davantage le dos et tiennent le volume mieux assujetti. Ensuite il fait avec la scie des entailles d'une profondeur égale au diamètre de la ficelle; il donne autant de coups de scie, également espacés entre eux, qu'on doit mettre de ficelles. Au-dessus de la première *grecque*, et au-dessous de la dernière, il donne un léger coup de scie pour loger la *chaînette*.

On a employé avec succès en Angleterre, dans les grands ateliers de reliure, de petites scies circulaires en nombre convenable, dont l'écartement varie à volonté et qui dépassent d'une très-petite quantité une plaque de cuivre percée de rainures. En très-peu de temps on grecque un grand nombre d'exemplaires d'un ouvrage en promenant le livre sur la table de la scie.

Quand le volume est *grecqué*, on prépare les *onglets* ou *sauve-gardes*. Ce sont deux bandes de papier blanc, de la longueur du volume, pliées par le milieu de leur longueur, et cousues dans le pli. Elles servent à garantir les *gardes* pendant le travail; on les enlève quand le volume est presque terminé; on les place au commencement et à la fin de chaque volume.

Coudre. La couture se fait sur un métier qu'on nomme *cousoir*, et qui est représenté figure 2232; la table A du

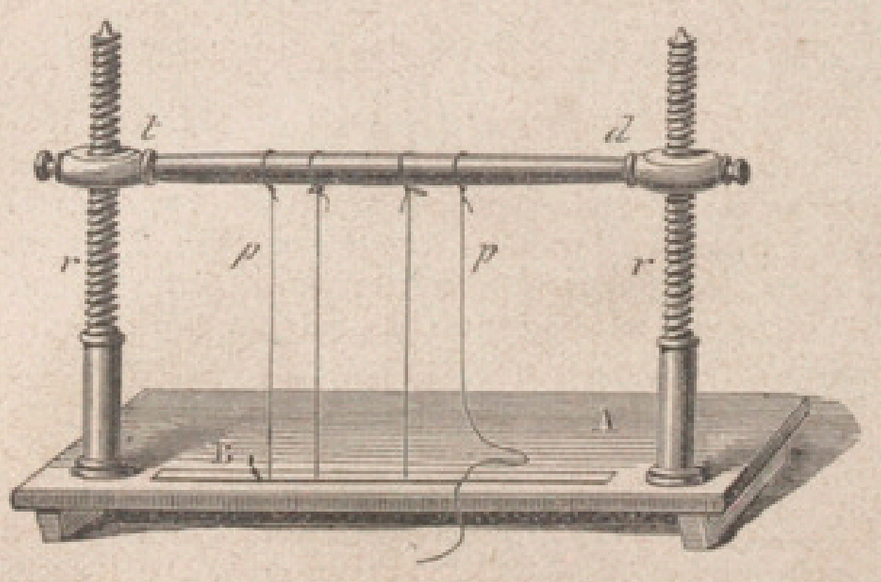


Fig. 2232.

métier porte deux vis verticales *r*, *r*, qui, tournées à la main, en les saisissant à la partie lisse placée au-dessous de la vis, permettent de fixer à une hauteur convenable la barre *td* qui porte les écrous des deux vis. Autour de cette barre on noue les ficelles *p*, *p*, auxquelles on attache les feuilles par le dos en faisant tourner autour d'elles les fils qui traversent les feuilles; ces ficelles sont arrêtées à leur partie inférieure par la pièce B fixée par le devant de la table A par une cheville. L'intervalle des ficelles doit être égal à celui des traits de scie du grecquage, et les feuilles doivent être serrées les unes sur les autres, ce que l'on obtient en les frappant avec une espèce de battant.

Endosser. On endosse tout à la fois un tas composé de huit à dix volumes. On place sur le bord de la presse d'abord une *membrure*, puis un *ais*, un volume, un autre ais, un volume, et ainsi de suite, et l'on termine par un *ais* et une autre *membrure*. L'ouvrier prend le tas des deux mains, de manière que les dos soient tournés vers lui; il le met en presse et le serre légèrement au moyen de l'ancienne presse dont nous allons parler et que tend à remplacer la presse américaine à excentrique, construite sur de petites dimensions, d'un fonctionnement très-rapide.

A l'aide d'un ais qu'il tient à la main, il dresse les ais et les volumes dans une même direction, et élève ou abaisse les volumes, pour que les dos soient tous à la même hauteur; les ais ne doivent pas déborder les cartons vers le mors. Avec le *poinçon à endosser*, il élève ou abaisse les feuilles.

L'ouvrier serre fortement le tas avec une bonne ficelle à endosser, de deux lignes de diamètre, et arrête la ficelle en la dirigeant contre la membrure sous le dernier tour de la ficelle. Avant de sortir le tas de presse, il arrondit bien le dos, l'encolle, le gratte pour faire pénétrer la colle, le lisse, colle dessus une bande de papier et laisse sécher.

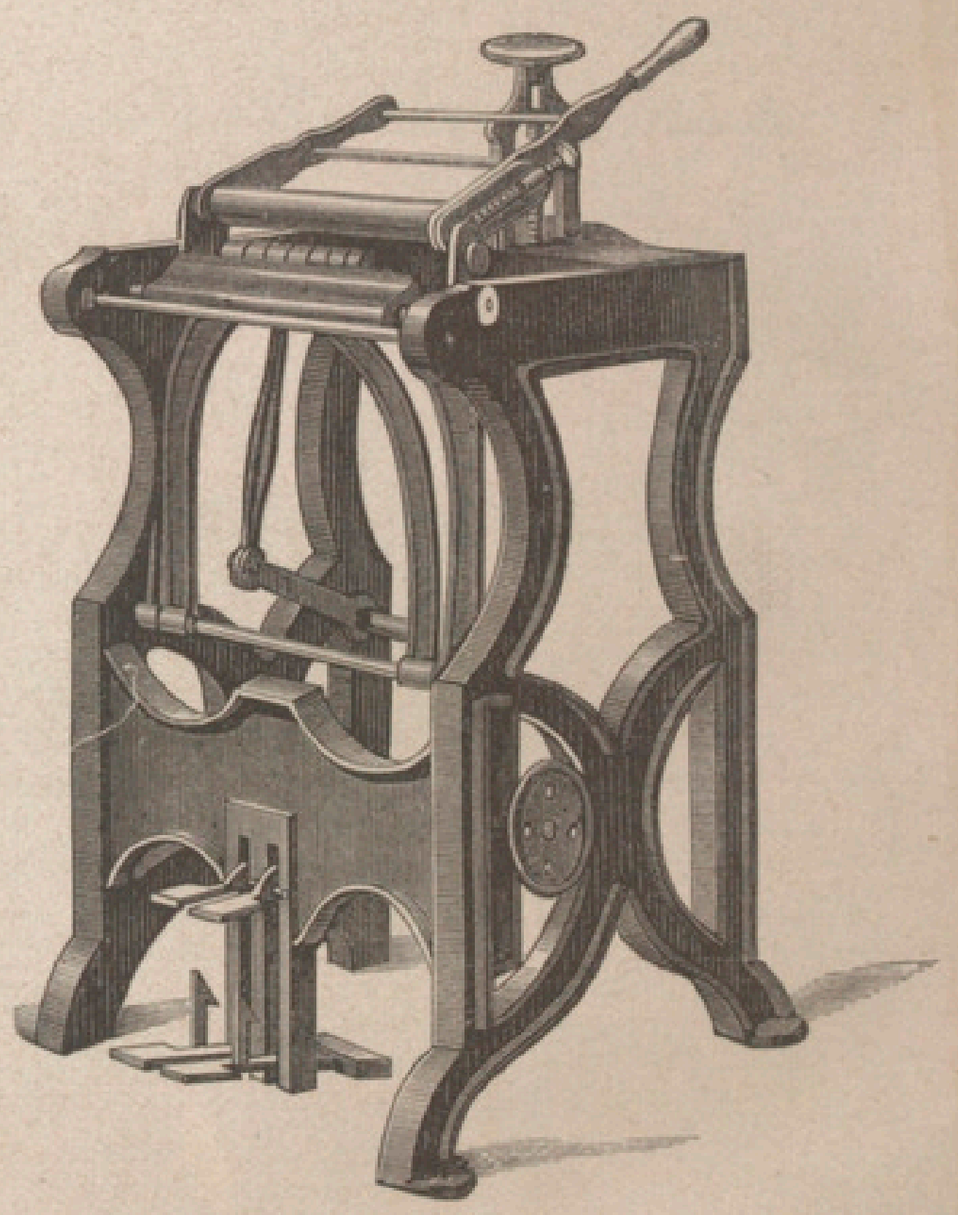


Fig. 2233.

La figure 2233 représente l'excellente machine américaine à endosser. Le dos est formé rapidement par l'oscillation circulaire d'un rouleau, pendant que le livre est serré à volonté par un mordage mû par l'action d'une pédale.

Rogner. Le volume étant fortement pressé dans une presse en bois (fig. 2234) on coupe les tranches à l'aide d'une lame d'acier *c* portée par un petit chariot que l'ouvrier fait mouvoir d'un mouvement de va-et-vient le long de la presse sur laquelle il est guidé par une coulisse. Ce couteau se meut aussi, mais à angle droit, dans la direction rectiligne, coupant tout ce qu'on

lui présente. Cet effet est produit par une vis en bois qui la fait avancer à volonté peu à peu par suite de la rotation de la poignée *a;* la lame atteindra successivement toutes les feuilles du livre, de manière à enlever tout ce qui dépasse le plan qu'elle décrit.

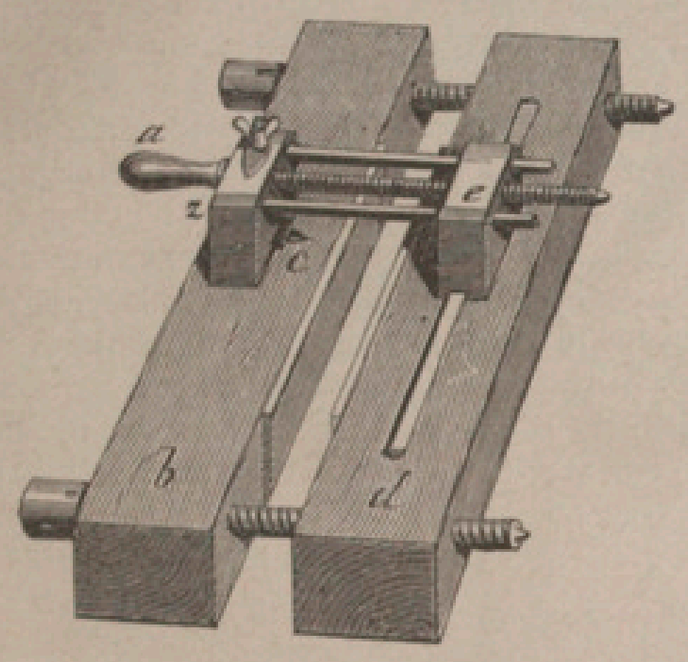


Fig. 2234.

Le couteau Massiquot et autres appareils analogues formés de forts bâtis en fonte et d'un large couteau guidé obliquement (pour lui donner le double mouvement transversal nécessaire pour faire bien couper tout instrument tranchant) et descendant par l'action d'engrenages de manière à permettre d'exercer une pression considérable, fournit le moyen de faire rogner à la fois un grand nombre de volumes, et a été un grand progrès pour tout travail de façonnage de papier.

Les relieurs, ou au moins le plus grand nombre des relieurs, sont restés fidèles à l'ancienne presse à rogner, malgré l'économie qui peut résulter de l'emploi d'outils plus expéditifs; mais il n'en est pas ainsi dans les grands ateliers où l'on opère à la fois sur un grand nombre de volumes semblables.

Nous décrirons ici une machine de cette espèce destinée à rogner la tranche des livres, construite par M. Pfeiffer, qui n'a pas eu le succès qu'on eût pu espérer, sans doute à cause de ses trop grandes dimensions.

Cette opération demande du relieur assez d'habileté pour être faite convenablement, pour bien former, pour repousser le dos du livre, pour qu'après avoir rogné à plat, on puisse, en rendant le dos convexe, retrouver la concavité de la tranche.

M. Pfeiffer pratique cette opération sur une file de volumes semblables, à l'aide d'une lame concave qui se meut sur un axe de rotation mis en mouvement par une partie de roue dentée et un pignon. Pour que cette lame qui, suivant sa dimension et son éloignement du centre, donne les courbures que l'on désire, puisse couper, il faut lui donner un mouvement de progression suivant son axe en même temps qu'un mouvement de rotation. A cet effet, M. Pfeiffer a fileté l'extrémité de son arbre porte-lame suivant deux pas, à l'imitation de ce qui est pratiqué dans certains tire-bouchons, à l'aide desquels le bouchon est traversé par l'hélice et retiré de la bouteille par un mouvement continu de la poignée. De la sorte, le mouvement progressif du couteau a toujours lieu sans que la roue dentée puisse échapper du pignon.

Couvrir. Le livre étant rogné, les cartons qui ont été assemblés à l'extrémité des ficelles qui réunissent les feuilles sont coupés à la longueur convenable : on applique avec de la cole de pâte les papiers, les étoffes, les peaux qui doivent servir d'ornement. Il ne reste plus qu'à coller les gardes pour terminer le travail du relieur proprement dit et à laisser sécher.

Nous avons donné à l'article DORURE les procédés employés pour la dorure des tranches et la dorure sur cuir par l'application de gravures en relief sur cuivre chauffées et de feuilles d'or, opérations qui viennent s'ajouter au travail du relieur. A l'article FONDERIE EN CARACTÈRES, on trouvera la fabrication des types en cuivre que l'on compose pour former les divers mots dont on a besoin.

De l'art du relieur. La reliure est essentiellement une industrie décorative; et c'est par l'emploi des plus belles matières, des plus belles peaux, le maroquin, par exemple, c'est par le goût, par l'excellence des ornements, qui viennent, entre les mains d'habiles artistes qui atteignent une juste réputation, s'ajouter à une bonne exécution matérielle, que se distinguent les reliures d'art. Nous ne parlerons pas ici des dessins variables aux diverses époques, que les relieurs appliquent, à l'aide de la dorure le plus souvent, sur les livres, genre de questions qui doivent être traitées d'une manière générale et relativement à tous les arts décoratifs, ce que nous avons tenté de faire en traitant de l'ART INDUSTRIEL, qui termine et qui complète cet ouvrage. Nous attirerons seulement l'attention sur l'art tout particulier avec lequel les relieurs-doreurs emploient de petits éléments, des étoiles, de petits cercles, de petits dessins qu'ils multiplient à l'infini, et distribuent régulièrement avec beaucoup de goût sur les plats des livres, pour varier à l'infini, à l'aide d'un nombre d'éléments assez limités, l'ornementation de chaque volume.

RÉSINES. Les résines sont des corps d'origine organique, blancs ou jaunâtres, transparents, solides à froid, fusibles à chaud, mais moins que la cire; ils sont inflammables par l'approche d'un corps en ignition, en répandant beaucoup de noir de fumée; ils s'électrisent négativement avec une grande facilité par le frottement; ils sont plus ou moins odorants, insipides ou âcres, insolubles dans l'eau, solubles dans l'alcool, l'éther et les huiles essentielles. Les résines dérivent en général de carbures d'hydrogène ou d'huiles essentielles qui, en absorbant de l'oxygène, se résinifient. C'est ainsi que l'essence de térébenthine se tranforme en *colophane* en absorbant deux équivalents d'eau. On donne souvent le nom de résines à des matières qui s'en rapprochent beaucoup par leurs caractères et que nous avons décrites aux articles BAUMES et GOMMES-RÉSINES; quant aux résines proprement dites, elles sont traitées, dans cet ouvrage, au nom de chacune d'elles en particulier. Voyez TÉRÉBENTHINE, etc.

RÉSISTANCE DES CORPS. Nous pouvons considérer la matière à l'état de repos sous deux points de vue principaux :

1° L'étendue à laquelle s'appliquent les sciences géométriques;

2° La résistance que présente un corps au toucher, ou, ce qu'on définit le plus souvent, l'impénétrabilité, c'est-à-dire le fait qu'aucun corps ne peut pénétrer dans le lieu qu'occupe la matière, abstraction faite bien entendu des vides qui se trouvent dans un corps donné. Ainsi, quand un corps diminue de volume par la compression, ce n'est pas que les molécules rentrent les unes dans les autres, mais bien qu'elles se rapprochent les unes des autres, que les intervalles qui les séparent, que les *pores* diminuent; et cette compressibilité de tous les corps démontre qu'ils sont essentiellement formés de molécules (formées par la réunion des atomes dont l'existence est clairement démontrée par les réactions chimiques), séparées par des intervalles.

Les molécules dont se composent les corps nous apparaissent comme pouvant avoir entre elles trois relations:

1° Être réunies par une force nommée adhérence, ou force de cohésion, qui constitue les corps solides;

2° N'être soumises à aucune force mutuelle, ce qui constitue les corps liquides;

3° Enfin posséder une tendance à une diffusion indéfinie, ce qui constitue les corps gazeux.

Ces trois cas différents sont le résultat de deux forces, la force d'attraction, qui tend à réunir les molé-

RÉSISTANCE DES FLUIDES.

cules; et la chaleur qui tend (voy. INTRODUCTION) à dilater les corps, qui fait que les molécules paraissent se repousser. Les trois cas correspondent donc à la prépondérance de l'attraction sur la répulsion, à une égalité de ces deux effets, enfin à la prépondérance de la répulsion sur l'attraction, c'est-à-dire aux solides, aux liquides, et aux fluides élastiques.

Au point de vue de la nature des résistances que les corps offrent à l'action des forces, la différence de leur constitution physique conduit à des lois particulières. Une force tendant à produire le mouvement d'un corps, un solide soumis à l'action d'une force résistera très-souvent, par sa cohésion, sans être déplacé, tandis que le fluide s'écartant devant le corps en mouvement, viendra participer à sa vitesse et consommer ainsi une somme de forces vives. Ce sont ces effets que nous allons étudier.

RÉSISTANCE DES FLUIDES. Malgré le nombre si considérable d'ingénieurs, de marins distingués qui se sont occupés tant de la résistance que l'eau oppose au mouvement des corps flottants, que de l'impulsion que les voiles reçoivent du mouvement de l'air, cause de la propulsion du navire à voiles, la théorie de ces effets est peu avancée. La cause en est surtout à ce que la difficulté du problème, la multiplicité des éléments de la question, ont empêché les meilleurs esprits d'introduire dans son étude la mesure, l'évaluation d'ordre scientifique, pour rester dans l'étude complexe de la machine qui constitue un navire, ce qui fait que toutes les expériences se perdent avec les objets de ces études.

Introduire dans l'appréciation des faits d'ordre mécanique qui se passent à la mer la méthode scientifique qui peut seule permettre de tirer parti d'expériences pour faire avancer quelque peu la théorie générale et par suite accroître la masse des connaissances partout et toujours applicables, ce serait rendre un grand service à la marine. Sans pouvoir espérer satisfaire à un aussi beau programme, nous sommes certains d'être dans la bonne voie en résumant les expériences les plus précises faites par Dubuat, Duchemin, Thibault, Piobert, etc., sur les résistances des fluides, et en suivant la discussion lumineuse qu'en a faite l'illustre général Poncelet, dans son *Introduction à la Mécanique physique*, ce modèle de méthode, de réduction aux principes de la science des phénomènes les plus complexes.

RÉSISTANCE DES SURFACES PLANES. *Loi de Newton.*

Lorsqu'une surface plane se meut dans un fluide dont les molécules ont une grande mobilité, il repousse ces molécules dont l'inertie fait naître une résistance d'autant plus grande que leur masse et la vitesse du corps plongé est plus grande. Si V est la vitesse de ce corps, il déplacera ainsi par seconde un volume de fluide égal à AV, A étant l'étendue de la surface. La force résistante, l'inertie de la masse mise en mouvement, sera en chaque instant égale à MV ; comme nous savons que le volume de la masse M est AV, la résistance sera donc représentée par $\frac{p\,AV}{g}\,V = p\,A\,\frac{V^2}{g}$, p étant la densité.

Nous supposons la surface A perpendiculaire à la direction de la vitesse ; si elle faisait avec elle un angle i, le prisme de fluide déplacé aurait pour base A sin i et serait égal à AV sin i; et la vitesse normale au plan étant V sin i, la résistance de la surface sera

$$p\,A \sin^2 i \frac{V^2}{g}.$$

Cette théorie proposée par Newton n'est évidemment pas l'expression des faits, elle suppose en quelque sorte que le fluide rencontré en chaque instant disparaît aussitôt, pour permettre au corps plongé de rencontrer de nouvelles couches de fluide en repos. Il ne peut en être ainsi, pas plus qu'on ne peut écraser un corps malléable, sans qu'il résiste en augmentant de diamètre dans la direction perpendiculaire à celle de l'effort qui produit l'écrasement, sans qu'une force transversale ne résulte de l'application de la force longitudinale. Or, dans les fluides, ce double effet est toujours produit, et l'on se tient bien loin de la vérité lorsqu'on ne tient compte que du dernier.

Des tourbillons. La moindre observation démontre un phénomène qui accompagne le déplacement direct: il est manifesté par les cercles concentriques qui se forment à la surface de l'eau lorsqu'on y laisse tomber un caillou, cercles parfaitement continus quand leur rayon passe de 1 centimètre à 1, 2, 3 mètres. Il est clair que si la transmission était seulement directe, il y aurait, pour les grands rayons, discontinuité dans la circonférence.

C'est en tenant compte de ce mode de transmission du mouvement dans les fluides, en ne se bornant pas à la simple transmission longitudinale, comme dans la théorie de Newton, que l'on peut mieux analyser les phénomènes qui se produisent autour des corps plongés dans les fluides.

Remarquons, en passant, que la seule continuité des circonférences concentriques suffit pour démontrer le principe établi par Léonard de Vinci, que dans les ondes circulaires qui se forment dans les liquides, la vitesse des différentes couches croît à mesure qu'on se rapproche du centre. On voit, en effet, que la même force vive qui se produit au contour d'une petite circonférence et d'une grande doit nécessairement répondre à une vitesse bien moindre dans le second cas que dans le premier; autrement la masse serait plus considérable avec une même vitesse, ce qui est impossible, comme le montre le principe fondamental que l'on doit toujours avoir devant les yeux dans une semblable analyse, de la *Conservation des forces vives.* Mais, de plus, la transmission transversale est telle que la vitesse à la circonférence est toujours *inversement proportionnelle au rayon*, selon le grand artiste ingénieur, c'est-à-dire exactement l'inverse de ce qui a lieu dans une roue de voiture, dans un corps solide tournant autour d'un axe.

Ces mouvements d'un ordre particulier se produisent constamment dans les fluides, la facile production de tourbillonnements, des mouvements orbitraires des molécules liquides les unes autour des autres, est le caractère essentiel de cet état physique des corps; aussi toute analyse des effets mécaniques qui se passent dans les liquides, sans tenir compte de cet élément capital, comme cela a lieu dans la théorie de Newton, est nécessairement défectueuse.

Les tourbillons qui naissent par le mouvement d'un corps immergé sont soumis à la loi des petites oscillations; ils se rencontrent sans se détruire, se superposent, coexistent simultanément. La formation des tourbillons, dit Poncelet, est le moyen que la nature emploie pour éteindre, ou plutôt dissimuler la force vive dans les changements brusques de mouvement des fluides, comme les mouvements vibratoires sont la cause de sa dissipation, de sa dissémination dans les solides. Pour bien concevoir comment la formation des tourbillons devient, dans les fluides, une source de perte de force vive, on doit considérer, d'une part, qu'une fois produits, ils se propagent, s'étendent de plus en plus, l'impulsion se communiquant aux masses environnantes; d'autre part, que, si le milieu est animé d'un mouvement de transport général, les tourbillons sont comme autant de corps étrangers qui, tout en participant à ce mouvement, tourneraient cependant sur eux-

mêmes avec une vitesse indépendante de celle du courant.

Observons aussi que le transport apparent des rides et ondes diverses qui se produisent à la surface de l'eau, celui des vagues de la mer, par exemple, n'est en lui-même, c'est-à-dire en l'absence d'autres causes de mouvement telles qu'un courant local, qu'une pure illusion analogue à celle qui est produite par les oscillations d'une longue chaine ou corde très-flexible ébranlée vivement et transversalement à l'une de ses extrémités, ou à celle que présente la surface d'un champ de blé dont les épis sont périodiquement agités, balancés par le vent, c'est-à-dire qu'il ne se produit essentiellement qu'une oscillation pendulaire accomplie par les molécules de l'eau, suivant une direction horizontale dans leur position moyenne.

CORPS PLONGÉS. *Résultats d'expériences.* Si nous consultons l'expérience pour analyser les phénomènes qui se produisent autour des corps en mouvement dans un fluide, nous pourrons nous en faire une idée exacte.

Soit un plan mince rectangulaire AB (fig. 1) ren-

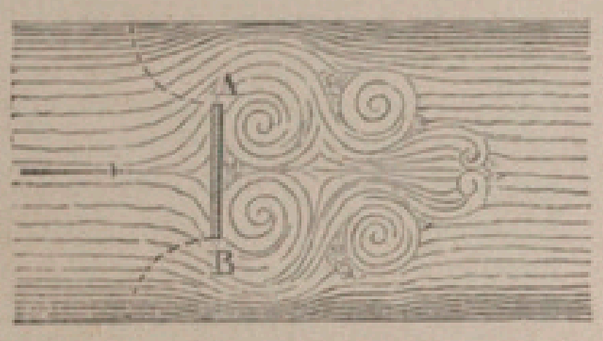


Fig. 1.

contré par un fluide en mouvement suivant la direction de la normale à ce plan, il se produit, dans chaque coupe perpendiculaire à ses côtés, les effets indiqués dans la figure, c'est-à-dire que les filets perpendiculaires à sa surface s'inclinent de manière à lui devenir parallèles, repoussent ceux situés vers les bords, puis, les dépassant, s'infléchissent de plus en plus perpendiculairement à leur première direction et circulairement, de manière à former des remous ou *tourbillons* marchant par couples, et qui, se succédant les uns aux autres dans des sens contraires, avec des vitesses dépendantes de celles des corps en mouvement, s'étendent et se disséminent dans la masse fluide.

Si le plan est incliné par rapport à la direction du mouvement, les filets s'infléchissent (fig. 2) et suivent

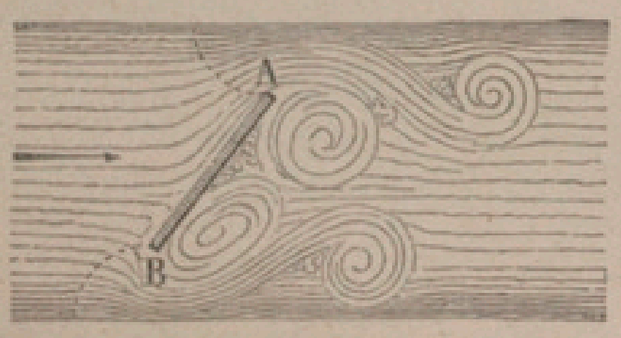


Fig. 2

la surface, en ne produisant de tourbillons que d'un seul côté quand l'inclinaison est suffisamment grande. Jusqu'à une certaine limite, il reste quelques tourbillons du côté le plus avancé en amont.

La résistance est évidemment bien amoindrie par les inflexions des filets fluides, par cette fuite de l'eau devant le corps en mouvement, relativement à ce qu'elle serait si le principe sur lequel repose la loi de Newton était vrai. C'est ce que prouve bien une expérience célèbre du chevalier Morosi, qui montre que la résistance d'un plan se mouvant dans un fluide est doublée, quand on garnit ses bords de planchettes disposées d'équerre avec sa surface, qu'on gêne par suite la déviation latérale des filets liquides.

Dubuat a admis, d'après les indications de l'expérience: 1° que la forme des filets reste invariable pour un corps donné, quand bien même la vitesse relative, uniforme, de ces corps ou du fluide vient à changer; 2° que la vitesse des molécules fluides en chacun des points des filets conserve toujours un même rapport avec celle dont il vient d'être parlé; 3° enfin, que pour des corps semblables dans toutes leurs parties et dirigés semblablement, les dimensions absolues des filets sont seules modifiées, mais non leurs rapports de grandeur et de positions relatives.

Analysant ce qui se passe dans le fluide compris entre les tourbillons, il a examiné ce qu'il a appelé la *proue* et la *poupe fluides*. Le phénomène de la proue liquide (à l'étude duquel nous nous bornerons pour un instant) consiste en ce qu'un corps en mouvement dont la forme n'a pas une acuité suffisante, entraîne avec lui une partie du fluide qui fait en quelque sorte partie de sa masse. Il a trouvé, par exemple, que pour des sphères en mouvement, soit dans l'air, soit dans l'eau, le volume du fluide entraîné s'écartait fort peu de 0,585 ou 0,6 environ de celui des sphères. Dubuat aurait pu, ce nous semble, tirer de ces curieuses expériences l'analyse de la cause de divers phénomènes, ainsi que nous allons tenter de le faire.

Des gerbes verticales. Lorsqu'un fluide en mouvement rencontre un corps en repos, chaque molécule non élastique tend à s'écarter comme celles d'un corps mou, c'est-à-dire en changeant la direction de son mouvement pour suivre la face rencontrée. Aussi lorsqu'une surface plane est disposée perpendiculairement au courant, ou dans une position voisine (jusque vers 45°), un filet de fluide ne pouvant s'échapper sans rencontrer les filets voisins qui tendent à gêner son mouvement, comme on le voit au centre des plans des figures ci-dessus, il se forme une proue liquide, comme Dubuat l'a constaté, qui est pressée contre eux; les filets infléchis s'échappent obliquemment à la surface, et quand il n'y a pas de résistance à la partie supérieure, le liquide s'élève presque verticalement à une hauteur proportionnelle à la vitesse. Il se forme une gerbe, un panache vertical tout à fait caractéristique, qui cause l'admiration; c'est ce qui se voit lorsque la mer agitée rencontre un mur vertical.

Le même effet se produit à la rencontre de deux vagues, lorsque, par exemple, une vague venant du large rencontre l'eau d'une vague précédente qui descend d'une côte inclinée. Il se produit un choc, les molécules des fluides dénués d'élasticité n'échangeant pas simplement leur vitesse.

La cause de ces effets réside dans la pression que la difficulté qu'éprouve une masse de fluide rencontrant l'obstacle à s'écouler latéralement, et que le choc du fluide arrivant en arrière, font naître au centre de la colonne liquide. S'exerçant dans tous les sens, elle vient déterminer le mouvement du liquide dans les directions où il rencontre le moins de résistances et en raison de celles-ci, par exemple, suivant la surface qui s'oppose à la continuation du mouvement primitif, et avec la vitesse due à cette pression. C'est ainsi que se produisent une foule de mouvements verticaux, rétrogrades, obliques, etc., qui prennent naissance à l'avant d'un bâteau en mouvement, et en raison de la rapidité de ce mouvement, qui sans cet élément sont inexplicables.

L'analyse de cette pression centrale, produisant des mouvements entièrement distincts de ceux engendrés directement par le choc des filets fluides, cause de mouvement dont on ne tient pas compte dans les théories

reçues, me paraît fournir un élément nouveau pour déterminer les effets de la résistance qu'opposent les fluides aux corps solides en mouvement, et notamment expliquer les accélérations qui se produisent suivant des faces obliques, enfin surtout les gerbes verticales qui s'élèvent sur les premières, phénomène facile à constater dont les observateurs ne parlent jamais.

Corps prismatiques. Passons maintenant au cas où le plan mince cesse d'être isolé, à celui où il forme la partie antérieure d'un corps de forme prismatique dont l'axe est parallèle à la direction du mouvement, ce qui se rapproche du cas des corps flottants. La résistance doit nécessairement comprendre alors, surtout si la vitesse est un peu considérable, d'abord (fig. 3), l'effet

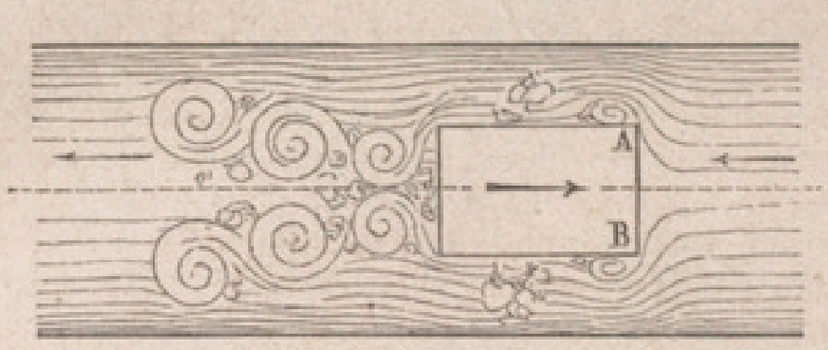


Fig. 3.

de la pression supportée par la face antérieure, puis celui de la *non-pression* postérieure, c'est-à-dire, ainsi que nous l'avons dit, de ce que Dubuat appelle la *proue* et la *poupe fluides*. Il est évident, en effet, que le liquide refoulé par la partie antérieure a besoin d'un certain temps pour passer à la partie postérieure et y remplir le vide que fait naître la progression du prisme; qu'à cause de son inertie, le liquide avoisinant ne peut le venir remplir instantanément, d'où résulte une non-pression d'autant plus grande que le vide est formé plus rapidement. Ces deux résistances, en raison toutes deux de la vitesse des corps, ou plutôt du carré de celle-ci, puisqu'elles sont proportionnelles à la pression, c'est-à-dire à la hauteur $H = \frac{V^2}{2g}$, qui engendre la vitesse V, paraissent pouvoir être évaluées par un terme de cette forme affecté d'un coefficient de grandeur convenable selon les cas.

Il résulte que la formule de Newton, multipliée par un coefficient d'expérience, pour les divers cas, offre un mode de calcul plus satisfaisant qu'on ne devrait croire à première vue.

M. le colonel Duchemin, dans ses *Recherches expérimentales sur les lois de la résistance des fluides*, est arrivé à quelques résultats curieux sur la manière dont se répartissent les filets fluides à la rencontre d'un corps plongé, en suivant les pressions produites dans les divers points de sa surface, à l'aide d'un tube de Pitot.

Dans le cas d'un cylindre dont la figure 5 présente la base antérieure, c'est-à-dire celle qui choque le liquide, la direction des filets est représentée, comme le veut d'ailleurs la symétrie, par les lignes radiales tracées sur la figure. Après avoir décrit ces lignes, les molécules prennent des directions analogues à celles qu'indique la figure 3 pour une section passant par l'axe.

Dans le cas d'un parallélipipède rectangle, les routes parcourues par les molécules liquides sur la face antérieure sont celles qu'indique la figure 4, et que détermine pour ces molécules la condition de s'échapper par le plus court chemin.

On retrouve bien ici, par suite de la résistance qu'oppose l'inertie du liquide en arrière de la courbe choquée, la production d'une vitesse dirigée presque à angle droit avec la direction du corps, comme celle qui entraîne les molécules d'un corps solide malléable lorsqu'il est écrasé, lorsque le plomb s'étend, par exemple,

RÉSISTANCE DES FLUIDES.

à angle droit avec la direction du coup du marteau qui le frappe.

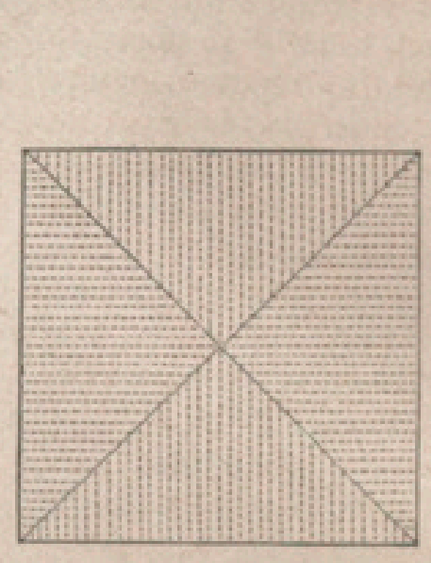


Fig. 4.

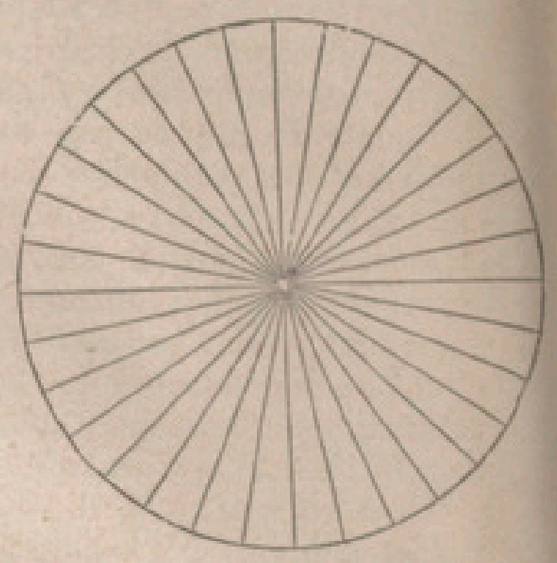


Fig. 5.

Corps de forme allongée. Les résultats précédents vont nous conduire à l'analyse des principaux effets qui se produisent lors du mouvement rapide d'un corps immergé et aux conditions qui mènent à la détermination de la forme du solide de moindre résistance, au principe fondamental de la construction, sur lequel repose l'énorme réduction de résistance que procurent les formes étudiées par les constructeurs de navires.

Soit AB un petit plan, perpendiculaire à la direction du mouvement rapide qui forme l'extrémité antérieure du corps plongé et qui, placé au milieu d'une masse fluide, a le temps de produire toute son action sur l'eau avant que celle-ci y ait pu échapper. Cette action tendra à lui communiquer une vitesse dans la direction de son mouvement propre.

Mais en vertu de l'inertie de la masse fluide, au lieu de se mouvoir librement, l'eau choquée prend en même temps qu'une vitesse en avant, une vitesse transversale, par suite d'une action d'écrasement semblable à celle qui résulte nécessairement de la pression d'un corps en mouvement contre un corps en repos, lorsque ses molécules n'en sont pas réunies par une cohésion suffisante. Une masse liquide M possédant une force vive considérable en raison de la grande vitesse de son mouvement, se meut donc à la fois dans la direction du corps immergé et transversalement à celui-ci (fig. 6). Après un

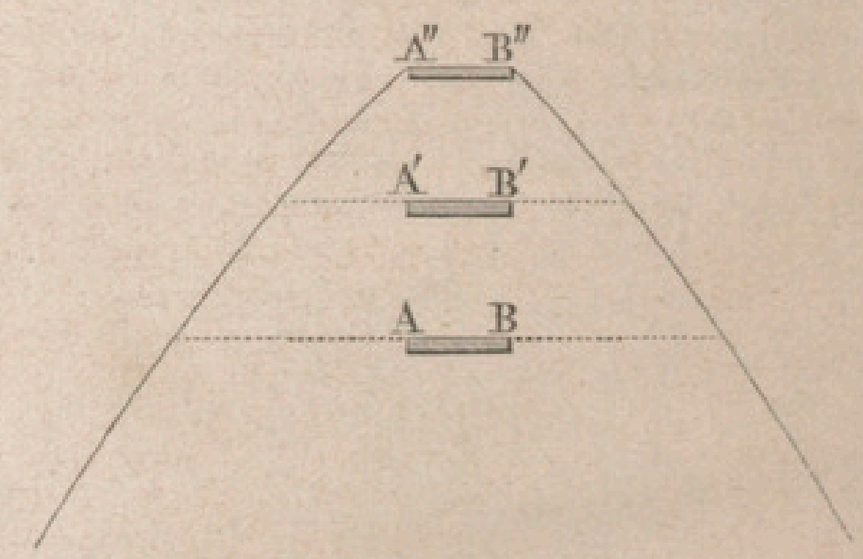


Fig. 6.

temps θ, elle aura communiqué une partie de sa vitesse à une autre masse M' qu'elle aura écartée de la direction du mouvement, et ces deux masses réunies ne conserveront plus qu'une vitesse moindre. Après un autre temps θ, le même effet sera produit, et jusqu'à l'anéantissement de la vitesse initiale, jusqu'à ce qu'elle devienne insensible, il se sera formé par ces effets une courbe parabolique dont la forme est en raison de la loi de communication du mouvement, et telle que si le corps portant la saillie AB est terminé en arrière par une courbe semblable, il n'éprouvera pas une résistance

sensiblement plus grande que si sa surface était limitée à AB. Tel est le résultat obtenu par les proues saillantes de forme aiguë dont nous verrons bientôt toute l'importance pour la navigation.

De là se déduit ce résultat bien conforme à l'expérience, qu'il s'en faut de beaucoup que la force vive qui correspond à la vitesse d'un corps soit communiquée à tout le liquide déplacé ; et la déviation des filets fluides a conduit à assimiler avec raison le mouvement communiqué au fluide aux phénomènes qui se produisent lors de son écoulement par un ajutage vers l'orifice duquel viennent s'infléchir des filets très-divergents.

La déviation latérale se propageant évidemment en premier lieu par les parties les plus éloignées de l'axe du corps, il en résulte toutes les fois que celui-ci n'a pas la forme théorique, qu'il est trop aplati vers sa partie antérieure, qu'une partie du fluide, dont le mouvement latéral se produit difficilement, prend la vitesse du corps et chemine avec lui. C'est la *proue fluide* dont j'ai déjà parlé, qui accompagne fréquemment les corps en mouvement, une masse fluide qui est comme en repos par rapport à ceux-ci, et chemine avec eux comme s'il en faisait partie, et qui ne peut plus prendre naissance lorsque le corps plongé a la forme même de cette proue. Par suite, lorsqu'il est terminé par une surface plate, il est certain que la masse d'eau déplacée, mise en mouvement, est plus grande qu'il n'était nécessaire pour le volume du corps flottant.

Il n'est pas douteux que la forme antérieure des corps plongés ne doive, pour le minimum de résistance, varier avec la vitesse. M. Seguin, qui avait été frappé, lors de l'établissement de bateaux à vapeur sur le Rhône, de la nécessité de faire varier les formes de l'avant avec la rapidité du courant, a remarqué que ces formes devaient se rencontrer chez les poissons, qui, pressés intérieurement et extérieurement par le liquide, doivent prendre des formes ayant une relation intime avec leurs vitesses habituelles.

Sans trop insister sur cette curieuse analogie, il résulte de ce que nous venons de dire, qu'en effet les formes des poissons ne sauraient être différentes de celles qui correspondent à ces vitesses, sans qu'ils éprouvassent en certains points des compressions ou des dépressions qui ne sauraient être leur état habituel ; mais on ne peut assimiler d'une manière absolue des corps entièrement immergés à des corps flottants pour lesquels de semblables comparaisons seraient surtout précieuses. Quelque similitude entre les formes des espèces de poissons qui sont susceptibles d'acquérir les plus grandes vitesses, des saumons par exemples, et de celles des constructions les mieux réussies, semble toutefois être une confirmation de cette manière de considérer le phénomène.

De l'entraînement latéral. Lorsqu'un plan se meut longitudinalement dans un liquide, on peut étudier la communication latérale du mouvement, l'entraînement produit suivant des routes convergentes, comme l'indique la figure 7. Il se communique de proche en proche à partir des molécules qui adhèrent au corps, qui tendent à prendre sa vitesse, la pression exercée par le fluide normalement à la surface fournissant par suite de ce déplacement une résultante oblique. La force vive ainsi communiquée est considérable dans le cas où la surface porte de nombreuses aspérités et saillies; mais elle s'amoindrit beaucoup quand les surfaces sont lisses et polies, telle que celles que présente le doublage en cuivre des vaisseaux. Coulomb, qui considérait ces effets comme dus à un frottement analogue à celui des solides, avait proposé pour les représenter une expression de la forme $A\,(aV + bV^2)$; mais les expériences plus récentes de MM. Piobert, Morin et Didion ont conduit à supprimer le terme en V et par suite à

RÉSISTANCE DES FLUIDES.

les considérer encore comme entraînant une consommation de forces vives. Le terme en V suffisant pour ex-

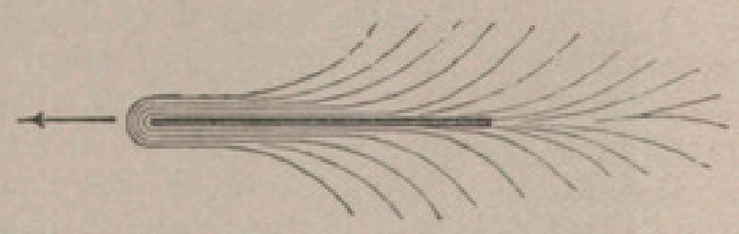


Fig. 7.

primer seul les phénomènes d'écoulement des liquides à travers des tubes capillaires et la formule de Coulomb ayant servi avec succès à calculer les écoulements dans des tuyaux de conduite, il faut admettre qu'il est à considérer dans le cas où l'influence des parois occasionne un ralentissement notable, quand la proportion des surfaces solides au liquide qui vient les baigner est extrêmement grande, comme dans un tuyau ; mais il n'en est pas de même dans le cas de corps polis plongés dans un fluide indéfini, où la résistance latérale tout entière est d'assez faible importance, par rapport à la résistance totale. L'effet d'adhérence, de cohésion qui paraît se produire, est probablement constant pour une surface donnée. On est parvenu, en effet, à représenter les résultats des nombreuses expériences de Beaufoy en ajoutant un terme constant (d'une importance secondaire dès que la vitesse est un peu considérable) à celui qui comprend le carré de la vitesse.

L'expérience des marins, dit avec raison M. Bourgeois, leur montre chaque jour le rôle important que joue la résistance latérale, et combien le degré de poli et de propreté des surfaces de la carène contribue à atténuer cette résistance, contrairement à l'opinion de Coulomb, qui admettait que le frottement était indépendant de la nature particulière de la surface, tandis que la communication des forces vives augmente rapidement avec les corps rugueux qui y peuvent adhérer. Personne n'ignore, par exemple, la supériorité de vitesse que possèdent les navires doublés de cuivre, ni l'heureuse influence exercée sur la rapidité de la marche des bâtiments par leur passage au bassin, par le nettoyage de la carène, l'enlèvement de tous les corps adhérents et qui forment autant d'aspérités.

Formes de l'arrière. Ce que nous avons dit des parties antérieures des corps flottants s'applique aux parties arrière; elles doivent être combinées pour rendre minimum la non-pression qui tend à s'y produire, lorsque le vide qui s'y forme par la progression du corps ne se comble pas aussitôt qu'il prend naissance, à cause de l'inertie du fluide qui ne lui permet pas de se déplacer instantanément; l'arrière du corps plongé n'est plus soumis alors de la part de la masse fluide à une pression égale à la pression statique, quand la vitesse est trop grande pour la forme de poupe considérée.

Il existe évidemment, pour ces parties comme pour les parties antérieures, une forme préférable à toute autre, correspondant au minimum de non-pression. Leur allongement avec une diminution progressive de la section transversale, d'où résulte un amoindrissement du chemin que doit parcourir l'eau en chaque point pour remplir le vide, à mesure que sa section est plus voisine de la section principale du corps, de l'inflexion en chaque instant du fluide écarté par l'avant pour passer à l'arrière, paraît être la condition principale, sinon unique, de la diminution de résistance; ces dispositions empêchent la formation de tourbillons entraînant perte de forces vives.

Nous terminerons ces études sur la résistance des corps plongés, en remarquant qu'il est probable, bien que les différences fournies par l'expérience ne soient pas très-

RÉSISTANCE DES FLUIDES.

grandes, qu'elle croît avec l'enfoncement, avec la pression qui applique le fluide sur les flancs du corps plongé.

CORPS FLOTTANTS. *Navires.* Jusqu'ici nous avons traité de corps entièrement plongés dans des fluides, pour lesquels il se produisait, dans le plan vertical, sensiblement les mêmes phénomènes que ceux que nous avons représentés dans un plan horizontal. Les résultats obtenus ne sont que partiellement applicables aux corps flottants et par conséquent aux navires, considérés au point de vue de leur nature de corps flottants, et indépendamment des conditions d'*arrimage*, de *tonnage*, de *voilure*, d'action du *gouvernail*, etc., qui dominent toutes les autres.

La grande différence entre un corps flottant et un corps immergé, c'est que le mouvement du fluide encore symétrique dans le plan horizontal, le même des deux côtés du corps, ne l'est plus dans le plan vertical, quand on compare ce qui se passe à la surface du fluide et à la partie inférieure du corps. Il se forme à la surface du fluide, vers la partie antérieure, un gonflement ou *remous* produit par l'affluence des filets et à la partie postérieure, un abaissement de niveau, une *dépression* due à la difficulté que ces filets éprouvent à remplir le vide de l'arrière. Ce remous et cette dépression qui constituent la dénivellation, contribuent à faire naître le courant latéral qui se produit de l'avant à l'arrière.

C'est parce que les filets des fluides s'infléchissent autour des corps plongés au lieu de résister directement, que la résistance varie avec la forme des corps; c'est sur cette base que reposent les principes de la construction des vaisseaux.

Effet des proues. Une suite d'expériences faites par Bossut, d'Alembert et Condorcet sur de petits modèles, en faisant varier l'angle de la proue d'un modèle dont toutes les autres dimensions restaient constantes, a donné les résultats suivants :

Angles de la proue.			Rapport des résistances.
180°	—	—	1,00
156	—	—	0,96
132	—	—	0,85
108	—	—	0,69
84	—	—	0.54
60	—	—	0,44
36	—	—	0,41
12	—	—	0,40

Effet des poupes. Dans la même série d'expériences, les savants cités plus haut ont trouvé :

Angles à la poupe.			Rapport des résistances.
180°	—	—	1,00
96	—	—	0,89
48	—	—	0,86
24	—	—	0,84

De ces expériences faites sur de petits modèles et à de faibles vitesses, on ne peut guère conclure pour le cas des grands bateaux, et surtout pour les grandes vitesses.

Bossut admettait que la résistance d'un vaisseau de ligne était environ 0,20 de celle de son maître-couple, évaluée d'après la formule de Newton, et pouvait descendre à 0,15. Ce coefficient est encore beaucoup trop fort pour un navire bien construit.

Nous avons rapporté à l'article BATEAU A VAPEUR les résultats des progrès apportés à la construction des bateaux à vapeur destinés à prendre des vitesses considérables. Nous avons vu que la résistance absolue du navire pouvait être amenée à n'être guère que 1/15e ou 1/20e de celle du maître-couple. Cet admirable résultat est surtout obtenu par une détermination très-savante des formes de l'avant, terminé par une surface à double courbure dans les sens horizontal et vertical.

On parvient par cette double inflexion à écarter le remous et à fendre l'eau sans la soulever, et par suite avec le minimum de travail, et cela en tenant compte d'une foule d'éléments, comme l'état variable du vent et de la mer, nécessités du service militaire, conditions économiques de transport, etc.

M Du Puy de Lôme, par des expériences poursuivies pendant quinze années consécutives, sur des centaines de bâtiments de dimensions et de formes différentes, en faisant varier la vitesse, depuis les valeurs les plus minimes jusqu'aux plus considérables que l'on puisse atteindre dans la pratique, a mis en évidence les lois suivantes:

1° Pour des formes géométriques semblables, le même poli de la surface immergée et la même vitesse, la résistance croît moins rapidement que l'aire de la surface plongée du maître-couple.

2° La résistance par mètre carré de l'aire de la surface plongée du maître-couple décroît pour une même vitesse, proportionnellement à la racine carrée des rayons de courbure des formes; ou, quand les formes sont semblables, proportionnellement à la racine carrée des dimensions homologues.

3° Pour un même bâtiment, un même poli de la surface immergée, et des vitesses différentes, la résistance croît moins vite que le carré de la vitesse, quand celle-ci est très-faible; comme le carré de la vitesse quand celle-ci a une valeur moyenne de 3 à 5 mètres par seconde; plus vite que le carré de la vitesse, quand celle-ci dépasse 5 mètres.

4° Pour des bâtiments ayant la même aire de la surface plongée du maître-couple, la même vitesse, et des formes différentes, la résistance diminue avec l'angle de proue et l'allongement des rayons de courbure, d'autant plus que la vitesse est plus grande; cette diminution est encore plus sensible avec la lame ou la houle de bout qu'en eau tranquille.

5° La résistance résultant du frottement de l'eau sur la surface immergée d'un bâtiment, pour un même poli de cette surface, et pour des vitesses différentes, croît beaucoup moins rapidement que la première puissance de la vitesse; et varie très-sensiblement comme la racine cubique de cette vitesse; elle croît rapidement, pour la même vitesse, à mesure que la surface immergée se dépolit et devient plus rugueuse. (Ce qui nous paraît bien montrer que ce qu'on appelle frottement des liquides n'est qu'un entraînement.)

RÉSISTANCE DE L'AIR.

Quand un plan se meut dans l'air suivant une direction perpendiculaire à sa surface ou reste immobile dans un courant animé d'une certaine vitesse, les molécules d'air situées en avant sont nécessairement déplacées et refoulées; et déviant latéralement sur les rebords du plan, elles passent à l'arrière en y produisant un vide partiel ou une diminution de pression, tandis qu'il existe à l'avant une pression plus considérable que dans l'état de repos. La différence de ces pressions représente l'effort exercé sur le plan; c'est à elle qu'on donne le nom de résistance de l'air. On n'a pas encore pu la déterminer théoriquement, pas plus pour les fluides gazeux que pour les liquides. Dans les deux cas on est réduit à des résultats d'expériences qui font voir que la résistance de l'air varie à peu près comme le carré de la vitesse, et qui donnent le moyen d'évaluer son intensité toutes les fois qu'on connaît l'étendue et la vitesse du plan mobile.

Il résulte de ces expériences qu'une plaque mince éprouve de la part de l'air une résitance plus grande qu'un corps prismatique qui présenterait antérieurement la même surface; que la résistance diminue à mesure que le prisme est plus long; que lorsque le corps, au lieu d'être terminé par un plan, présente à l'avant une forme plus ou moins allongée, la résistance varie d'une manière sensible. On peut, au moyen de la

théorie et en suivant le mouvement des molécules d'air autour du corps, se rendre raison de ces faits, mais dans l'état actuel de la science, il est impossible de les soumettre à une appréciation rigoureuse.

En réunissant les résultats obtenus par Dubuat, Borda, Thibaut, et en se bornant au cas d'un corps terminé par un plan et se mouvant dans l'air en repos, on a pour déterminer la résistance de l'air la formule suivante, dans laquelle A représente la surface antérieure en mètres carrés du corps traversant l'air suivant une direction normale à sa surface, V sa vitesse en mètres, *c* un coefficient variable avec la longueur du corps, et enfin Q la résistance définitive en kilogrammes produite par l'air contre le corps:

$$Q = 0{,}0625\, c\, A V^2.$$

Pour une surface mince, $c = 1{,}43$; pour un cube, $c = 1{,}17$; et, pour un prisme dont la longueur est égale à 3 fois le côté de la surface antérieur, $c = 1{,}10$.

Le travail résistant de l'air est représenté par le produit de la force Q et du chemin parcouru par le plan; ce chemin étant aussi proportionnel à la vitesse, il en résulte que, lorsqu'un corps se meut avec une vitesse double, la résistance de l'air nécessite pour être vaincue pendant le même temps un travail 8 fois plus considérable. Aussi cet effet est-il extrêmement sensible sur les convois de chemins de fer, qui sont toujours animés d'une grande vitesse.

Dans les machines dont les pièces ne sont animées que de faibles vitesses, on peut ne pas tenir compte du travail résistant de l'air qui tend cependant toujours à augmenter la différence qui existe entre le travail dépensé et l'effet utile obtenu. Chacun connaît l'application du vent comme moteur, et l'on sait que la résistance de l'air est utilisée d'une façon analogue au frottement, dans les freins, pour empêcher certaines machines de s'accélérer; c'est ce qui a lieu dans les horloges à sonneries, les tourne-broches, où il importe d'empêcher les poids moteurs de descendre avec trop de vitesse. Ces poids font tourner avec beaucoup de rapidité des *volants à ailettes*, petits appareils composés d'un ou deux leviers en croix tournant sur un axe qui les traverse dans leur milieu, et garnis à leurs extrémités de surfaces planes ou ailettes qui éprouvent de la part de l'air une résistance qui régularise la marche de l'appareil en empêchant la descente des poids moteurs de s'accélérer sous l'action de la pesanteur.

Des expériences de Thibaut sur les voiles ont donné ce résultat remarquable que des voiles gonflées donnent sensiblement la même puissance que ces voiles développées; résultat très-remarquable, qui permet de calculer la résistance de la voilure des vaisseaux, quand la flèche de courbure ne dépasse pas le 1/4 de la largeur moyenne comme cela a lieu sur les bâtiments. Quand la flèche de courbure devient considérable, la loi varie.

On a trouvé, pour un parachute, que la résistance du plan de projection de la surface étant 1, la résistance agissant suivant la concavité était 1,94; en sens contraire, elle n'était que 0,77. (Voy. AÉROSTAT.)

Ces mêmes expériences ont encore montré que, quand deux surfaces égales se trouvaient placées l'une derrière l'autre, dans la direction du mouvement du fluide, la résistance était beaucoup plus près d'égaler celle des deux surfaces séparées, qu'on ne pouvait le supposer. Ainsi, pour deux carrés placés à une distance égale à leurs côtés parallèles, de manière à se recouvrir exactement, Thibaut a trouvé la résistance égale à 1,7 fois celle d'une surface isolée. Quand le plan postérieur débordait de 0,4 de sa surface le plan antérieur, la résistance était de 1.95 fois celle du plan isolé, pour tomber à 1,84 quand elle devenait 0,9; passé ce terme, elle s'approchait de la valeur 2.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. *Structure des solides.* Les molécules des corps ayant les unes pour les autres des attractions mutuelles ont une tendance à se grouper dans un certain ordre régulier, comme on le voit dans les cristaux que présentent les corps qui peuvent se former librement sous l'influence des seules forces attractives des molécules. Le corps ainsi formé présente, dans des sens différents, des résistances variables. On sait l'application que fait le lapidaire de cette propriété pour tailler les pierres précieuses et notamment le diamant suivant ses plans de clivage.

Si, au contraire, le corps est formé sous l'influence de forces qui contrarient les effets de la force d'attraction, les molécules ne peuvent plus prendre la disposition propre à la nature même du corps; elles se trouvent généralement alors dans un état de cristallisation incomplète qui les fait considérer par les physiciens comme des corps imparfaits, formés dans des conditions complexes, qui rendent difficile l'établissement des lois mathématiques qui régissent les phénomènes.

Dans les corps organisés, la force vitale, sous l'influence de laquelle ils se développent, fait naître et disposer les éléments dont ils se composent dans l'ordre déterminé par les organes producteurs. Dans les bois, par exemple, les molécules sont disposées en filets rangés les uns à côté des autres, en cylindres.

On voit donc qu'il est deux éléments importants à étudier dans un corps soumis aux actions mécaniques: 1° sa nature intime, chimique; 2° la manière dont il a été formé. Ainsi, un morceau de fer laminé, forgé ou étiré, aura une moins grande cohésion au centre que sur les bords, où s'est exercée l'action de compression qui a augmenté la cohésion. La résistance de petits barreaux dont la somme des sections sera égale à celle d'un plus gros, sera donc plus grande que celle de ce barreau.

Une pièce de bois étant formée de fibres parallèles, la ténacité sera bien plus grande dans le sens des fibres que par le travers.

Savart est parvenu à prouver que, même dans un corps fondu, le plomb par exemple, il se passe des phénomènes analogues, qu'il a prouvé résulter de l'arrangement symétrique que tendent toujours à prendre les molécules dans l'acte du refroidissement lent. Cet effet est d'autant moins sensible que le corps est moins capable de cristalliser, et composé de parties hétérogènes qui ne peuvent se combiner chimiquement, comme la cire à cacheter, la craie, le laiton comparativement à d'autres alliages.

Enfin il a prouvé que l'état moléculaire des corps imparfaits pouvait se modifier d'une manière extrêmement lente avec le temps et sans qu'il s'en manifestât aucune trace appréciable par les moyens d'observation ordinaires. On conçoit combien on doit attacher d'importance à une semblable observation qui semble prouver que la ténacité d'un corps diminue ainsi sans qu'on puisse s'en apercevoir. Il est admis assez généralement aujourd'hui que le fer d'un essieu, par exemple, soumis à des chocs répétés, peut passer de l'état fibreux à l'état cristallin, et par suite cet essieu rompre (car les corps cristallisés ont toujours peu d'adhérence), bien qu'il ait eu primitivement une force plus que suffisante. C'est en partie pour éviter cet effet qu'on forme les essieux avec des fers corroyés et soudés les uns sur les autres, qui offrent l'avantage non-seulement de donner primitivement l'état fibreux au fer dans toute la masse, mais encore de rendre la modification dont nous venons de parler plus difficile en composant le corps de parties de densités différentes par des compressions répétées aux surfaces de jonction, qui empêchent cet effet de mouvement moléculaire de se propager facilement

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX.

de proche en proche, sous l'influence des causes mal connues qui le déterminent.

C'est par ce même principe qu'on comprend comment il se fait que des pièces forgées par des ouvriers différents n'ont souvent pas les mêmes résistances et cela par le fait d'un rangement plus ou moins régulier des molécules, qu'enfin ne saurait être indifférent de comprimer un corps d'une manière quelconque pour lui donner une force voulue.

C'est par une considération de nature analogue que peut s'expliquer l'action du diamant pour couper le verre. Le verre étant un corps refroidi par la surface, sa grande résistance est sur les deux faces extérieures; la première étant rayée, s'il se fait une action qui tende à ouvrir cette raie, le verre se cassera suivant cette ligne avec une grande régularité.

On doit classer les forces qui agissent sur les corps solides en deux classes, relativement à ces corps:

I. Les forces qui dépassent la résistance qu'ils peuvent opposer à une déformation notable. Sous leur influence, les corps peuvent:

1° Se désagréger. C'est sur cette propriété que sont fondés les appareils de pulvérisation, de broyage en tous genres. Ces actions ont déjà été étudiées à l'article BROYAGE; nous revenons plus loin sur l'écrasement des pierres et corps durs.

2° Prendre une autre forme, propriété infiniment précieuse, et sur laquelle reposent en grande partie les arts dans lesquels on travaille les métaux. On distingue la malléabilité qui s'entend de la propriété d'un corps à s'étendre sous le marteau sans se désagréger, et la ductilité ou la facilité à se tirer à la filière. Cette deuxième propriété dépend évidemment à la fois de la malléabilité et de la ténacité du corps qui fait pour qu'il ne se rompt pas en s'étirant à la filière,

Nous avons donné, aux articles DUCTILITÉ, MALLÉABILITÉ, l'ordre dans lequel les métaux doivent être rangés relativement à ces propriétés qui déterminent, la plupart du temps, la préférence de tels ou tels métaux pour un travail déterminé. Ainsi le cuivre rouge, à cause de son extrême malléabilité, et malgré son prix assez élevé, est très-employé pour les produits qui doivent être obtenus par les méthodes du travail au marteau, de retreinte, analogues au travail de la chaudronnerie.

II. Les forces qui sont inférieures à celles qui produisent la rupture. Après leur disparition, le corps reprend en général sa forme primitive, si elle a subi quelque légère déformation.

C'est dans ces conditions que les matériaux doivent être employés dans les constructions. Le but n'est pas alors de modifier les formes des corps, mais au contraire d'employer ceux-ci sans qu'ils puissent se déformer ni céder aux actions qui s'exercent sur eux. La valeur de la résistance des divers corps aux actions qu'ils doivent supporter doit donc être étudiée avec soin, puisque de cette connaissance on déduira les limites des dimensions à donner aux matériaux employés dans les constructions de tout genre, pour obtenir la certitude de bons résultats.

De la ténacité et de l'élasticité. De la force de cohésion qui réunit les molécules des corps solides, dépend la grandeur de la ténacité des corps, mesurée par la valeur de la force nécessaire pour les rompre, et aussi la grandeur de la force nécessaire pour rapprocher les molécules par une action de compression. Un phénomène d'une importance extrême dans les arts s'observe sur les solides soumis à l'action de forces, c'est que si la traction ou la compression ne dépasse pas une certaine limite, l'augmentation ou la diminution de volume, le changement de forme, n'est pas permanent, et le corps reprend son volume primitif quand l'action perturbatrice vient à cesser. C'est cette propriété qu'on appelle *élasticité*, c'est-à-dire que dans ce cas la force de cohésion fait reprendre au corps son état primitif, dès que la cause accidentelle ne se fait plus sentir. La limite d'élasticité au-delà de laquelle cet effet ne peut plus avoir lieu est une quantité variable pour chaque corps. Elle répond en général, à de très-petits allongements; toutefois, les corps élastiques proprement dits, le caoutchouc, par exemple, peuvent éprouver de très-grandes extensions sans cesser de revenir à leur forme primitive.

L'élasticité, qui n'est que la résistance de la force de cohésion dans les limites où elle peut continuer à s'exercer, dépend à la fois de la valeur absolue de la force de cohésion et de la sphère d'action de cette force, qui est probablement en rapport avec les dimensions des molécules élémentaires; lesquelles sont différentes pour les divers corps. Il ne faut pas perdre de vue non plus, que toute la théorie de la chimie est fondée sur la différence des atomes, qui forment les molécules ou les groupes de molécules entre lesquels s'exercent les actions physiques de la cohésion.

On peut admettre que, lorsque par suite d'une action de compression ou de traction extérieure, l'élasticité de l'ensemble des molécules se trouve altérée, c'est que plusieurs d'entre elles sont arrivées à la limite d'écartement où la force de cohésion peut s'exercer pour les ramener à leur première position; le corps s'est en quelque sorte rompu dans certaines régions, bien qu'on n'en aperçoive aucune trace extérieure, et un travail mécanique ayant été consommé à détruire un travail résistant dû aux forces attractives, le corps ne peut reprendre sa forme. Remarquons de plus que les molécules primitives ne doivent pas être considérées comme sphériques, mais bien comme ayant les formes indiquées par les cristallisations mêmes du corps, qui, comme l'a prouvé Haüy, résultent de cristallisations élémentaires de même ordre. Les molécules agissent donc par des pôles, de sorte que l'élasticité dépend aussi de la disposition des molécules.

Le nombre des phénomènes auxquels s'appliquent, dans l'industrie, les considérations qui précèdent, est immense, et on ne peut écrire une ligne sur une fabrication mécanique sans en traiter. Nous aurons surtout en vue ici la résistance des matériaux employés dans les constructions de tout genre, édifices ou machines, et suivrons l'analyse donné par Poncelet dans son Introduction à la mécanique, où toutes les questions que nous allons passer en revue sont traitées aussi complétement que le permet l'état actuel de la science.

EXTENSION. *Résistances des prismes aux allongements.* On admet généralement pour ces actions:

1° Que la résistance d'une barre est indépendante de sa longueur absolue et proportionnelle à l'aire A de sa section par un plan perpendiculaire à sa longueur;

2° Que les allongements sont proportionnels à la longueur de la barre, c'est-à-dire que l'allongement d'une barre de deux mètres sera double de l'allongement d'une barre d'un mètre;

3° Enfin que la réaction élastique a pour mesure le rapport des charges aux allongements très-petits, qui correspondent aux premiers déplacements des molécules, avant que l'élasticité puisse être en rien altérée. C'est de cette charge que se déduit pour chaque corps le coefficient, le module d'élasticité (voy. INTRODUCTION). Nous allons en voir la valeur.

Appelons $i = \frac{l}{L}$ l'allongement par mètre (l est l'allongement pour la longueur L), E étant la résistance élastique pour l'unité de surface des sections de la barre, le millimètre carré, la résistance élastique totale sera donc mesurée par $E \times A$, A étant la section de la barre, ou, comme nous venons de le dire, P étant la

charge, par $\frac{P}{i} = P\frac{L}{l}$; donc $E \times A = \frac{P}{i}$, $P = EA\,i$ kil., ou $E = \frac{P}{Ai}$. Si A est égal à l'unité, le coefficient $E = \frac{PL}{l}$ deviendrait égal à P si $l = L$, c'est-à-dire égal au poids qui serait nécessaire pour produire un allongement égal à la longueur primitive. Si, au lieu de forces de traction, on appliquait des forces tendant à comprimer le corps, les allongements l et i se changeraient en raccourcissements, et les raisonnements demeureraient les mêmes. La quantité E aurait aussi la même valeur, mais qui ne doit être considérée comme exacte que pour des allongements ou raccourcissements supposés très-petits.

La limite d'élasticité, le point à partir duquel la déformation devient permanente, est un élément difficile à déterminer avec des instruments très-précis, des déformations se constatent le plus souvent pour des allongements peu considérables.

Poncelet a formé un tableau (voir ci-après) qui donne pour les matériaux les valeurs moyenne de E (coefficient d'élasticité), ainsi que celles de i et de P,

DÉSIGNATION DES CORPS.	VALEUR DE i.	VALEUR de P pour 1 millim. carré de section.	VALEUR de E pour 1 millim. carré de section.
	m.	kil.	kil.
Chêne.	$\frac{1}{600}$ = 0,00167	2,00	1200
Sapin jaune ou blanc.	$\frac{1}{850}$ = 0,00117	2,17	1300
Sapin rouge ou pin	$\frac{1}{470}$ = 0,00210	3,15	1500
Mélèze ou larix. .	$\frac{1}{520}$ = 0,00192	1,73	900
Hêtre rouge. . . .	$\frac{1}{570}$ = 0,00175	1,63	930
Frêne.	$\frac{1}{885}$ = 0,00113	1,27	1120
Orme.	$\frac{1}{414}$ = 0,00242	2,35	970
Fers doux passés à la filière, de petites dimensions.	$\frac{1}{1250}$ = 0,00080	14,75	18000
Fers en barres. .	$\frac{1}{1520}$ = 0,00066	12,205	20000
Acier d'Allemagne, très bonne qualité, recuit à l'huile.	$\frac{1}{838}$ = 0,00120	25,00	21000
Acier fondu très fin, trempé, recuit à l'huile. . .	$\frac{1}{4500}$ = 0,000222	66,00	30000
Fonte de fer à grains fins. . . .	$\frac{1}{1200}$ = 0,00083	10,00	12000
Fils de cuivre. . .	»	»	13100
Fils de laiton, recuits.	$\frac{1}{742}$ = 0,00135	15,00	10000
Laiton fondu. . .	$\frac{1}{1320}$ = 0,00076	4,80	6450
Bronze de canon fondu.	$\frac{1}{1590}$ = 0,00063	2,00	3200
Fil de plomb de coupelle, étiré à froid, de 4 mill. de diamètre. . .	$\frac{1}{1490}$ = 0,00067	0,40	600
Fil de plomb impur du commerce, étiré à froid, de 6 mill. de diamètre.	$\frac{1}{2000}$ = 0,00050	0,40	800
Plomb fondu ordinaire.	$\frac{1}{477}$ = 0,00210	1,00	500

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX.

correspondant à la limite d'élasticité des corps, c'est-à-dire que, pour des allongements ou des charges plus considérables, le corps est sensiblement déformé, les molécules ne reviennent plus à leur position primitive.

A l'aide de ce tableau et de la loi posée ci-dessus, on déterminera facilement l'allongement d'un corps du tableau, de section et longueur données, soumis à une charge aussi donnée.

En pratique, il convient de ne soumettre les pièces qu'à des charges permanentes qui ne dépassent pas la moitié de celles correspondant à la limite d'élasticité; on ne devra dépasser cette limite que pour les cas de constructions non permanentes, et non soumises à des efforts longtemps prolongés; et il ne convient, dans aucun cas, que les charges dépassent les 3/4 de celles correspondant à cette limite. Il importe toutes les fois que cela est possible, de faire usage de cette règle pour déterminer les dimensions des pièces qui entrent dans une construction.

Contraction et dilatation latérale des prismes. Quand on exerce sur les corps un effort qui tend à les allonger ou à les raccourcir, il s'en faut de beaucoup que les sections transversales de ces corps demeurent constantes; en réalité, dans le premier cas le prisme va en se rétrécissant de plus en plus à partir des extrémités, et en se gonflant dans le second. Ces effets se manifestent d'une manière très-apparente pour les prismes fort courts et et des substances plus ou moins molles.

Dans la pratique, où on n'emploie en général que des prismes dans lesquels la longueur est fort grande relativement aux autres dimensions, et qui sont doués d'une grande ténacité, tels que les bois, les pierres, les métaux, cet effet n'est pas sensible tant qu'on demeure dans les limites d'élasticité pour lesquelles les molécules conservent la faculté de revenir à leurs positions primitives.

Si l'on appelle a la diminution de la section A, le calcul fournit la relation $\frac{a}{A} = 1/2\,i = 1/2\,\frac{l}{L}$, relation qui a été vérifiée par un appareil dû à Cagniard de Latour, qui lui a permis de déterminer à la fois les variations de volume au moyen du niveau du liquide qui remplit un vase dans lequel est plongé le fil sur lequel l'effort est exercé, et les allongements au moyen d'une observation directe sur le fil. Wertheim, dont les expériences ont un cachet de précision très-grande, sont des modèles d'expérimentation, a contesté ce nombre et a pensé pouvoir conclure de ses expériences que l'on doit remplacer 1/2 par 1/3.

Résistance des prismes à la rupture; force absolue de ténacité. Si l'on fait supporter à un corps la charge d'un poids croissant, si f est la résistance limite pour l'unité de surface (comprenant en bloc tous les phénomènes qui résultent de la nature intime du corps), on aura pour le poids qui pourra produire la rupture $R = A\,f$, ce qui permettra de déterminer R pour les divers corps employés dans l'industrie.

Pour les corps mous qui s'effilent avant de se rompre, cette mesure ne sera guère que la mesure de l'adhérence qu'ont entre elles les molécules de ce corps pour commencer l'allongement qui, une fois commencé, déterminera évidemment la rupture par traction sous la même charge, tandis qu'il en sera tout autrement pour la résistance à l'écrasement qui ira en croissant par l'effet de l'écrouissage et de l'augmentation de la section transversale.

Nous rapportons les meilleurs résultats d'expériences dans le tableau de la page suivante, que nous emprunterons encore à l'ouvrage de Poncelet. Les nombres sont déterminés à la température ordinaire; ils décroissent rapidement, pour les métaux surtout, avec l'accroissement de température.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX.

DÉSIGNATION DES MATIÈRES.	VALEUR DE f pour 1 centimètre carré de section.
1° BOIS.	kil.
Chêne, dans le sens des fibres.	600 à 800
Tremble id.	600 à 700
Sapin id.	800 à 900
Frêne id.	1200
Orme id.	1040
Hêtre id.	800
2° MÉTAUX.	
Fer forgé ou étiré en barres. . Le plus fort, de petit échantillon.	6000
Fer forgé ou étiré en barres. . Le plus faible, de gros échantillon.	2500
Fer forgé ou étiré en barres. . Moyen.	4000
Fer en tôle laminé. . Tiré dans le sens du laminage (Navier). . . .	4100
Fer en tôle laminé. . Tiré dans le sens perpendiculaire (Navier). . .	3600
Fer, dit *ruban*, très doux.	4500
Fil de fer non recuit. De Laigle, employé à la carderie, de 0,23 de millimètre de diamètre. .	9000
Fil de fer non recuit. Le plus fort, de 0,5 à 1,0 mill. de diamètre.	8000
Fil de fer non recuit. Le plus faible, d'un grand diamètre.	5000
Fil de fer non recuit. Moyen, de 1 à 3 millim. de diamètre.	6000
Fils de fer en faisceau ou câble (M. Bornet).	3000
Chaînes en fer doux. Ordinaires à maillons oblongs.	2400
Chaînes en fer doux. Renforcés par des étançons.	3200
Fonte de fer grise. . . La plus forte, coulée verticalement.	1350
Fonte de fer grise. . . La plus faible, coulée horizontalement. . . .	1250
Acier moyen.	7500
Bronze de canons, moyennement. . . .	2300
Cuivre rouge laminé, dans le sens de la longueur (Navier).	2100
Cuivre rouge en fil, non recuit, moyen, de 1 à 2 millim. de diamètre. . . .	5000
Cuivre jaune (laiton) en fil non recuit, moyen, de plus de 1 millim. de diamètre (Ardant et Dufour).	5000
Fil de platine écroui, non recuit, de 0,127 de mill. de diam. (Baudrimont).	11600
Fil de platine recuit, d'après la mesure directe du diamètre.	3400
Étain fondu (Rennie).	300
Zinc fondu.	600
Zinc laminé.	500
Plomb fondu (Rennie).	128
Plomb laminé (Navier).	135
Fil de plomb de coupelle, fondu, puis passé à la filière, ayant 4 millim. de diamètre (Ardant).	136
3° CORDES.	
Aussières et grelins en chanvre de Strasbourg, de 13 à 17 mill. de diamètre.	880
Aussières et grelins en chanvre de Lorraine, de 13 à 17 millim.	650
Aussières et grelins en chanvre de Lorraine et de Strasbourg, de 23 millim.	600

DÉSIGNATION DES MATIÈRES.	VALEUR DE f pour 1 centimètre carré de section.
4° MATIÈRES DIVERSES.	kil.
Verre et cristal, en tubes ou tiges pleines.	248
Pierres. Basalte d'Auvergne.	77,00
Pierres. Calcaire de Portland. . . .	60,00
Pierres. Blanche d'un grain fin et homogène.	14,4
Briques ordinaires, faibles.	8,0
Plâtre gâché, fabriqué à la manière ordinaire.	4,0
Mortier. En chaux grasse et sable, âgé de 14 ans.	4,2
Mortier. En chaux grasse, mauvais	0,75
Mortier. En chaux hydraulique ordinaire et sable.	9,00
Mortier. En chaux éminemment hydraulique.	15,00
Mortier. De ciment de Pouilly et sable (parties égales), après un an de durcissement dans l'air ou dans l'eau.	9,6

Les métaux qui se sont allongés par l'effet des charges ne reprennent pas leurs dimensions primitives après la rupture, parce que l'altération qui a lieu au point de rupture a lieu aussi dans les parties voisines. Cette altération a lieu même sans la rupture. De là les dangers des essais, qui souvent altèrent le métal soumis à l'essai et le rendent impropre à l'usage pour lequel on croît le reconnaître très-convenable.

Résistance des cordes et courroies. D'après Coulomb, les cordes, qui ne peuvent travailler qu'à l'extension, portent jusqu'à 50 et 60 kil. par fil de caret (fil élémentaire de 8 millimètres de diamètre environ, filé directement et tordu avec d'autres fils de caret pour former la corde). En pratique on ne doit jamais dépasser 40 kil.

D'après Morin, une courroie en cuir noir corroyé, renforcée sur les bords, peut supporter, sans altération, une charge permanente de 2 kil. par millimètre carré de section.

Des fers doux et des fers durs. Les premiers résistent beaucoup plus, mais s'allongent, tandis que les seconds gardent leur longueur jusqu'à la rupture. Quand plusieurs fils doivent porter en même temps les deuxièmes paraissent donc préférables ; c'est l'opinion de plusieurs auteurs sur les ponts suspendus, tandis que d'autres préfèrent les fers doux dont la résistance est bien plus grande, et pour lesquels l'entretien peut corriger l'inconvénient des allongements successifs. Le fer doux s'allonge de 0,10 à 0,27 de sa longueur primitive ; avant de se rompre, sa section se réduit de 0,5 à 0,7, et sa densité à 0,99 de ce qu'elles étaient primitivement. Ces effets diminuent avec la longueur et l'accroissement de la section des barres.

L'acier de bonne qualité, recuit, peut supporter sans altération d'élasticité les 4/5 de la charge de rupture en s'allongeant de 2 à 3 millièmes.

Résistance vive d'élasticité. Puisque les corps s'allongent sous l'action des forces qui les tirent dans le sens de leur longueur, leur résistance à cet allongement développe, pour chaque élément de l'allongement total, une quantité de travail mesurée par le produit de l'effort exercé et de cet allongement.

Si donc on construit une courbe dont les ordonnées sont les efforts exercés et les abscisses les allongements,

la quadrature de cette courbe nous donnera la valeur de ce travail pour un allongement déterminé.

Si on étend cette mesure jusqu'au point qui répond à la limite d'élasticité, on aura la quantité du travail T_i, que Poncelet a nommé *résistance vive d'élasticité*.

Si l'on pousse la quadrature jusqu'à l'effort et à l'allongement qui a lieu au moment de la rupture, on aura le travail nécessaire pour rompre le corps, T_r qui est la *résistance vive de rupture*.

Il est facile d'obtenir l'expression d'une de ces quantités, par exemple de la résistance vive d'élasticité, connaissant l'allongement par mètre i, qui répond à la limite d'élasticité. Elle est donnée (approximativement) par l'aire d'un triangle ayant pour base l'allongement iL, pour un corps de longueur L, et pour hauteur l'effort P correspondant à cette limite; ce qui donne pour chaque millimètre carré le travail $1/2\,PiL = \frac{1}{2}\,EL i^2$, à cause de $P = Ei$, et pour la section A, $T_i = \frac{1}{2}\,EAL i^2$.

COMPRESSION. *Résistance des métaux à l'écrasement.* On doit distinguer deux classes de métaux :

1° Les métaux durs, la fonte de fer, l'acier, l'airain, qui ne se compriment que de quantités insensibles avant de se briser en fragments plus ou moins gros; leur résistance à la compression doit être analogue à celle des pierres, comme leur nature les en rapproche. C'est ainsi qu'un boulet en fonte tiré contre un obstacle revêtu de fer, se sépare en une pyramide ayant pour base la partie antérieure, et des segments qui glissent sur les faces de celle-ci (voir PROJECTILES);

2° Les métaux ductiles plus ou moins mous qui se déforment avec une extrême lenteur, dont les dépressions sont considérables, et qui suivent des lois particulières. Ils obéissent aux pressions qui les déforment.

Corps mous. Les corps mous, plastiques, dont le plomb est le type, ayant une résistance moléculaire minime, se déforment sous l'influence des pressions, en raison de l'intensité et des directions de celles-ci, s'écoulent, par exemple, par des orifices, comme le feraient des liquides. Les expériences faites sur ces corps sont d'autant plus intéressantes qu'elles nous montrent ce qui se passe quand des corps résistants sont soumis à de puissantes pressions, comme le fer soumis au laminoir, par exemple.

On sait que les métaux soumis à la compression s'écrouissent, augmentent de densité, dans une proportion bien moindre qu'on n'est disposé à le croire, puis remplissent les capacités, sortent par les intervalles qui subsistent entre le contour du corps qui comprime et la matrice qui résiste ; c'est sur cette propriété que reposent les nombreux procédés de fabrication dans lesquels on utilise la malléabilité des métaux. Mais on ignorait les lois que suivaient ces parties du corps qui se déplaçaient.

M. Tresca ayant eu l'heureuse idée de faire des expériences, non sur une masse de plomb, comme on avait fait avant lui, mais sur une série de disques superposés, a pu suivre dans la masse les joints du contact des diverses plaques, et reconnaître la forme des trajectoires des molécules : telle est la figure 8 qui représente une section longitudinale par l'axe d'un solide produit par le refoulement du plomb à travers un orifice circulaire.

« Lorsqu'un solide se déforme sous l'influence d'actions extérieures, cette déformation dit-il, peut être considérée comme le résultat d'un écoulement qui a lieu dans la masse même du solide, à partir des points les plus pressés et dans la direction où les obstacles à cet écoulement sont les moindres. »

Dans le cas le plus simple, celui d'une ouverture pratiquée dans la base de l'enveloppe rigide, les molécules sont animées de deux mouvements : l'un parallèle à l'axe du jet, l'autre perpendiculaire à ce même axe, ce qui explique le mouvement de torsion que manifeste l'apparence extérieure des veines solides ou fluides, dont l'équilibre instable peut être troublé par la moindre différence de pression ou de vitesse.

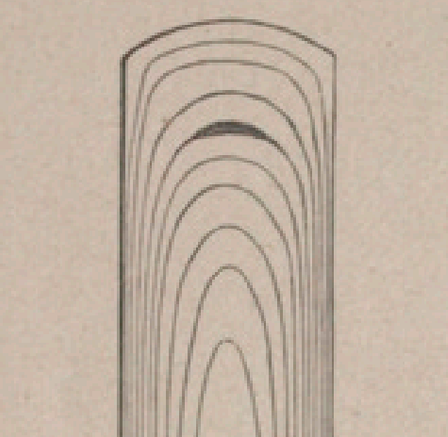


Fig. 8.

C'est ainsi, encore, qu'en faisant dans le jet obtenu par l'écoulement d'un bloc composé de lames de plomb par un orifice carré, des sections normales à sa direction, les tubes extérieurs plus minces avaient pour sections transversales des polygones d'un même nombre de côtés que celui de l'orifice; mais les sommets de ces polygones s'effaçaient de plus en plus à mesure que l'on examinait les tubes à une plus grande distance de la surface, et ces sommets étaient, dans le voisinage de l'axe, remplacés par des contours arrondis. Or, ce sont là exactement les phénomènes observés et signalés par M. Bazin dans l'écoulement des liquides, dans ses recherches sur les lois de la répartition des vitesses dans les sections transversales des canaux.

Les divers faits constatés par M. Tresca peuvent se résumer de la manière suivante :

1° Dans tous les échantillons, sans exception, les faces planes des plaques primitives se sont modifiées au centre, de manière à former des surfaces de révolution presque cylindriques dans le jet, et se terminant par une calotte qui tourne sa convexité vers l'extrémité de ce jet;

2° Les lignes de joint font voir que toutes les molécules qui composaient le bloc primitif viennent individuellement se placer dans le jet, absolument comme le feraient les molécules d'un liquide qui s'écoulerait sur le bord de l'orifice comme sur la crête d'un déversoir circulaire ;

3° Les épaisseurs des calottes qui terminent les plaques dans le jet vont en augmentant à partir de son extrémité ;

4° Dans les parties où l'un des tubes a pris une forme à peu près cylindrique, l'épaisseur de ce tube est telle que sa section diffère très-peu de celle qui représenterait la section du tube divisée par le nombre des plaques;

5° Lorsque, par suite de la formation du jet, l'épaisseur du bloc est descendue au-dessous d'une certaine limite, le jet devient creux, et en même temps il se contracte, de manière à présenter sous ce double rapport les phénomènes reconnus dans l'écoulement des liquides, lorsque la hauteur de la chute devient petite par rapport aux dimensions de l'orifice.

Les phénomènes étudiés ici sont évidemment ceux qui se passent lors du martelage et du laminage des métaux froids ou rendus plus malléables par la chaleur, de l'action des découpoirs, etc., et en un mot de tous les outils qu'emploie l'industrie, pour utiliser la malléabilité des corps, pour les amener à une forme déterminée.

On reconnaît notamment que la débouchure d'un trou percé dans une plaque est toujours moins épaisse que la plaque (la différence est trop grande avec le plomb), non à raison d'un écrouissage du métal, qui est minime, mais à cause du refoulement latéral du métal dans la masse.

Métaux durs. Les expériences faites sur les écrasements des métaux sont fort difficiles, par la raison que la pièce se courbe ou s'écrase par le pied sous l'effort de la charge, ce qui complique la question.

Le fer forgé commence à se comprimer sous une charge de 4.945 kil. par centimètre carré de section, et il fléchit avant l'écrasement quand la longueur de la pièce dépasse le triple de la plus petite dimension de la section transversale.

La fonte s'écrase sous une charge de 10.000 kil. par centimètre carré de section transversale et elle ne fléchit, avant de s'écraser, que quand la longueur de la pièce dépasse dix fois la plus petite dimension de la section transversale; jusqu'à cette limite la résistance reste à peu près constante.

La charge permanente ne doit pas dépasser 1/4 à 1/5e de la charge de rupture. (Voir à l'article SERRURERIE l'analyse de la belle série d'expériences sur le fer et la fonte dues à Hodginson).

Influence de la durée de la compression ou de l'extension sur la résistance des corps. Les molécules des corps soumis à une action de compression ou d'extension ne reprennent pas immédiatement le nouvel état d'équilibre qui leur convient, et la réaction ne se produit souvent pas quand l'action a duré un certain temps. Ainsi, un ressort tendu pendant un long espace de temps finit souvent par perdre de l'élasticité, et, sous l'influence de cette action constante, l'état d'équilibre qui s'établit change la nature même du corps.

Une expérience que chacun a pu faire, c'est que des lames minces d'acier, de verre, placées dans des positions inclinées, se plient plus ou moins sous leur propre poids, sans qu'elles se redressent quand on leur rend la position verticale, comme il eût été si l'action avait duré peu de temps.

Dans les expériences dont les résultats doivent être appliqués aux constructions, il importe donc beaucoup de mettre un intervalle suffisant entre les variations d'action qu'on fait subir aux corps; et dans la pratique on préfère, avec raison, partir des constructions existantes pour calculer ce qu'on doit faire, d'autant plus que les pierres, les bois, sont soumis à des actions physiques qui peuvent les altérer indépendamment des actions mécaniques, et que le constructeur doit se préoccuper à la fois de ces divers éléments.

En comparant les charges portées par les matériaux dans les constructions les mieux faites, ou quand on a besoin d'agir sur de nouveaux matériaux, comme cela s'est vu dans l'application moderne du fer aux constructions et dans l'établissement des puissantes machines, on admet que l'on peut sans inconvénient atteindre la limite où l'élasticité des matériaux cesse d'être parfaite. C'est le point où il peut commencer à se faire dans le corps des dérangements moléculaires qui pourraient altérer ses résistances, et où par suite on doit s'arrêter.

Écrasement des corps durs, des pierres, etc. Les pierres les plus dures cèdent peu à la pression, puis se divisent tout à coup avec éclat en lames ou aiguilles de faible résistance; les plus tendres se partagent en pyramides, ayant pour base les faces supérieures et inférieures et leur sommet près du centre, qui tendent à chasser au dehors les parties latérales comprises entre elles, ces parties se réduisent en aiguilles et en petits prismes. La cohésion des molécules est presque totalement détruite dès que les pierres commencent à se fendiller. C'est donc à ce point seulement que devrait être fixée

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX.

la limite théorique, et ce phénomène commence sous des charges un peu plus grandes que moitié des charges produisant l'écrasement.

Le fait curieux de la formation de pyramides, de cônes, lors de l'écrasement des corps durs, à texture grenue, n'avait jamais été analysé avant que nous n'ayons tenté d'en donner l'explication que nous reproduirons ici, et qui nous paraît satisfaisante de tout point.

C'est une expérience rapportée à l'article *Équivalent mécanique de la chaleur* qui m'a clairement indiqué les lois du phénomène.

Lorsqu'on laisse tomber un corps pesant, comme le mouton de la sonnette à battre les pieux que j'employais dans mes expériences, sur un morceau de plomb coulé de la forme d'un tronc de cône droit, pénétré par un tronc de cône renversé, forme préférable à celle des cubes ou de prismes qui résistent également par leurs faces opposées, sur lesquelles seules on avait fait de rares expériences, les déformations ont toujours été de la forme représentée par la figure 9, c'est-à-dire que le

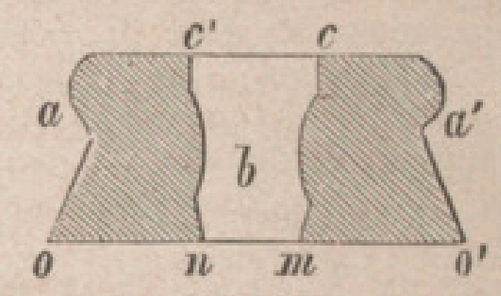


Fig. 9.

métal, écrasé seulement à la partie supérieure du cône, s'écarte perpendiculairement à la direction de l'écrasement, de manière à présenter sa plus grande largeur extérieurement, à y former un bourrelet en tulipe, tandis qu'à l'intérieur, près de la surface, une paroi circulaire verticale bien nette montre bien que le phénomène se passe tout différemment à l'extérieur qu'à l'intérieur.

Cette différence d'effets est facile à analyser.

A l'extérieur, le métal, ne trouvant pas de soutien, puisque les circonférences successives vont en croissant, s'écarte sans rencontrer de résistance, et par la succession des couches superposées prend extérieurement la forme en tulipe *a*. Pour les couches intérieures, au contraire, le mouvement du métal vers le centre tend à faire naître une résistance particulière.

La forme des parties *cc* est due évidemment à la résistance produite par le glissement vers l'intérieur, dans une direction où les circonférences successives vont en diminuant de rayon, ce qui fait naître la résistance bien connue de la voûte, de la roue de voiture. Ce résultat indique l'explication très-satisfaisante, du très-curieux phénomène qui se produit lors de l'écrasement des corps durs.

Considérons un prisme et d'abord la face supérieure qui reçoit la pression (fig. 10). Les molécules du bord tendent à se mouvoir extérieurement, à s'écarter dans la limite de l'élasticité du corps, tandis que vers le centre, par une réaction nécessaire de ce premier effet, les molécules tendant à glisser vers l'intérieur, résistent en faisant voûte. Il est évident que les molécules situées vers le bord, qui s'écartent dans la limite de l'élasticité du corps, qui se déplacent quelque peu, tendent à entraîner extérieurement les molécules placées au-dessous d'elles et transmettent mal la pression verticale à la section sous jacente, où les mêmes effets se reproduisent sur une surface moindre, diminuée d'un petit contour comparativement à la section placée au-dessus. C'est par la répétition de cet effet que la sec-

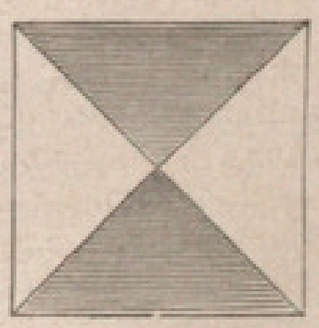


Fig. 10.

tion des parties résistantes, qui ne tendent pas à se réduire en poussière, va en diminuant; d'où la forme de cônes, de pyramides, où l'effet de voûte vers l'intérieur est bien démontré par la convexité des faces. Quant aux parties situées en dehors des pyramides dont l'élasticité est forcée, et qui tendent à être repoussées, elles tombent le plus souvent en poussière. Quelquefois elles forment en partant de chaque face, quatre pyramides moins solides et moins fermées.

Les pyramides ou cônes sont doubles, le sommet étant au milieu de la hauteur, à cause de la transmission générale de la pression de la partie supérieure à la partie inférieure, aux moments qui précèdent celui de sa désagrégation, et dans le cas seulement de pressions lentes; car, avec un choc, la surface en contact avec l'obstacle n'étant pas la section la plus grande du corps, le choc est amorti par le contact, et il se produit une pyramide dont le sommet part de la face choquée et un glissement relatif du reste du corps le long des faces de la pyramide, variant de forme en raison du choc et de la ténacité des substances, comme l'expérience l'a fait reconnaître dans le choc des boulets.

Il me semble que l'inégalité des surfaces supérieures et inférieures adoptée pour la première fois dans mes expériences, au lieu de l'égalité des formes cubiques et cylindriques employées par Rennie et Vicat, ouvre une voie tout à fait nouvelle aux observations relatives aux phénomènes de rupture, aussi bien pour les compressions que pour les chocs; questions aussi intéressantes que difficiles, qui appellent les recherches des physiciens, car les travaux faits jusqu'ici, ont, la plupart, une assez faible valeur.

Ces expériences montrent encore la consommation énorme de travail qui se fait par l'écrasement de la saillie d'un corps aigu, et qui amortit par suite rapidement sa force vive. Cet effet justifie l'emploi proposé par Whithworth de projectiles plats à l'extrémité et non aigus, pour agir sur les cuirasses des navires blindés, au moyen des canons rayés qui lancent des projectiles allougés.

Pour compléter l'étude de cette question, je rapporterai encore ici un passage du mémoire de Vicat sur la rupture des cylindres et des sphères:

« *Résistance des cylindres.* Les cylindres chargés sur leurs arêtes ou employés comme rouleaux pressés entre deux plans horizontaux, commencent par se déprimer sur les lignes de contact (fig. 11); bientôt deux coins *abc*, *a'b'c'* se forment sur les faces de dépression; chacun a pour côtés deux plans qui se coupent à angle droit suivant une horizontale contenue tout entière dans le plan vertical qui passe par l'axe du cylindre. Le tranchant *c* du coin supérieur est éloigné du tranchant *c'* du coin inférieur des 2/3 du diamètre du cylindre.

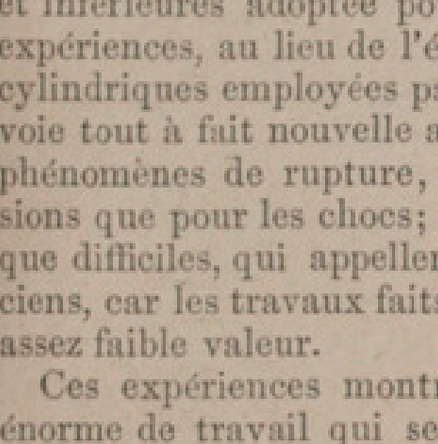


Fig. 11.

« Au moment où la décomposition que l'on vient de décrire se décide, la rupture a lieu; les deux coins, en se rapprochant, fendent le reste du cylindre dont les deux moitiés sont projetées à droite et à gauche. Tel est le mode de rupture offert constamment par les solides cylindriques à texture arénacée, terreuse ou grenue, tels que les pierres, briques et mortiers. Les fragments séparés par les coins ne paraissent pas altérés dans leur cohésion intime, mais les coins sont presque pulvérulents.

« *Résistance des sphères.* Une sphère, étant pressée entre deux plans horizontaux, se déprime aux points de contact: bientôt il se forme deux cônes (fig. ci-dessus) *abc*, *a'b'c'* dont chacun a pour base la surface circulaire déprimée. La sphère sollicitée par les efforts de ces deux cônes dont les sommets *c* et *c'* regardent le centre, se fend en deux, ou en trois, ou en quatre, et il ne reste plus des petit cônes que leurs débris.

« Si un instant avant la rupture on dégage la sphère pour en examiner l'état, on trouve les espaces occupés par les cônes remplis d'une matière pulvérulente fortement comprimée. Ainsi les cônes ne commencent à agir avec efficacité que lorsque la matière dont ils sont composés est devenue pulvérulente, s'est constituée dans un état de densité plus convenable à l'effet qu'elle doit produire. »

Sans admettre comme parfaitement certaine cette dernière observation, les expériences de Vicat montrent l'influence des masses fortement adhérentes qui résistent à l'action de compression; leur intervention rend bien compte des modifications qui surviennent, et l'explication des phénomènes découle toujours très-simplement de l'analyse donnée ci-dessus.

Résistances des massifs en pierres. Le tableau ci-après donne les résistances des diverses pierres, de nature déterminée.

Tableau des charges qui écrasent, après un temps très-court, différents corps, par centimètre carré de section. Ces résultats ont été obtenus en opérant sur des cubes ayant de 3 à 5 centimètres de côté.

DÉSIGNATION DES CORPS.		DENSITÉ.	CHARGE.
PIERRES VOLCANIQUES, GRANITIQUES, SILICEUSES ET ARGILEUSES.			kil.
Basalte de Suède et d'Auvergne. .		2,95	2000
Lave dure du Vésuve (*piperino*), près Pouzzoles.		2,60	590
Lave tendre de Naples.		1,97	230
Porphyre.		2,87	2470
Granite vert des Vosges. . . .		2,85	620
Granite gris de Bretagne. . . .		2,74	650
Granite de Normandie.		2,66	700
PIERRES CALCAIRES.			
Marbre blanc veiné, statuaire et turquin.		2,69	310
Pierre noire de St-Fortunat, très dure et coquillère.		2,65	630
Pierre ferme de Conflans, employée à Paris.		2,07	90
Calcaire jaune et oolithique de Jaumont, près Metz.	1re qual.	2,20	180
	2e qual.	2,00	120
Calcaire bleu à gryphites, donnant la chaux hydraulique de Metz (non rompue)		2,60	300
BRIQUES.			
Brique dure, très cuite.		1,56	150
Brique rouge.		2,17	60
Brique rouge-pâle (probablement mal cuite).		2,09	40
Brique de Hammersmith. . .		»	70
PLATRE ET MORTIER.			
Plâtre gâché à l'eau.		»	50
Mortier en pouzzolane de Naples ou de Rome.		1,46	37

Quand plusieurs pierres sont assemblées (ce qui ne doit avoir lieu que par des surfaces plus ou moins droites), la résistance se trouve beaucoup diminuée, élément d'une grande importance, puis qu'on doit éviter

tout tassement qui compromettrait la solidité de l'édifice.

Pour trois cubes superposés, Rondelet a trouvé la résistance réduite aux 2/3 environ, effet que diminue l'interposition du mortier, et Vicat a trouvé qu'un cube de 3 centimètres de côté perd 1/6 de sa force quand il formé avec huit petits cubes, et 1/5 quand il se compose de quatre prismes égaux posés à joints recouverts.

D'après tous ces faits et toutes les imperfections de l'exécution, on fixe les charges permanentes, pour les piliers en pierres taillés, à 1/10 environ des charges qui produisent l'écrasement dans les expériences en petit, et à 1/15 ou 1/10 pour les moellonages ou les supports isolés.

Résistance des bois.

Expériences de Rondelet et Rennie:

		Résistance par millim. carré.
Résistance à l'écrasement.	Chêne de France. . . .	$3^k,85$ à $4^k,63$
	Sapin.	$4^k,62$ $5^k,38$
	Pin d'Auvergne. . . .	$1^k,18$
	Orme.	$0^k,90$

La résistance des bois étant bien plus régulière que celle des pierres, Rondelet admet que ces nombres peuvent être appliqués aux bois chargés debout, quand la hauteur n'excède pas sept ou huit fois l'épaisseur, mais être réduite aux 5/6 quand la hauteur est douze fois l'épaisseur, et 1/2 quand elle est vingt-quatre fois.

Au-delà il y a flexion transversale, ce qui diminue beaucoup la résistance, et on ne prend plus que 1/10 pour les charges permanentes.

		Résistance par millim. carré.
Résistance à la rupture par extension.	Chêne, dans le sens des fibres. .	6^k à 8^k
	Tremble — — . .	6^k 7^k
	Sapin — — . .	8^k 9^k
	Frêne.	12^k
	Orme.	$10^k,40$
	Hêtre.	8^k
	Buis.	14^k
	Chêne perpendiculairement aux fibres.	$1^k,60$
	Peuplier, perpendiculairement aux fibres.	$1^k.25$

On n'emploie encore que le 1/10, parce que les bois employés ainsi, le plus souvent à l'air, sont sujets à des causes d'altération, ce qui doit engager à s'assurer d'une résistance supérieure aux besoins.

Limite d'élasticité.

Pour le chêne:

$E = 1340^k$ par millim. carré, $i = 0{,}0007$ par kil.

Pour le sapin:

$E = 1400^k$ par millim. carré, $i = 0{,}0006$ par kil.

valeurs qui varient avec la nature et les espèces des arbres. Ces valeurs ne doivent, en tous cas, jamais être atteintes, pour éviter les déchirements.

On pourra, en moyenne, prendre pour les diverses espèces de bois résistants appliqués aux constructions:

$P = 1200\,Ai$ pour calculer la charge capable de produire l'allongement i par mètre courant, d'une pièce de chêne dont A représente, en millimètres quarrés, l'aire des sections transversales.

FLEXION. *Résistances des corps soumis à un effort transversal qui tend à en opérer la rupture.* Les géomètres se sont beaucoup occupés de cette question, et sont parvenus à des formules qui représentent avec une exactitude suffisante les résultats de l'expérience, en partant du principe suivant:

Quand un corps est soumis à un effort transversal, il éprouve une extension dans sa partie supérieure et une compression dans sa partie inférieure. Il se trouve donc dans la partie intermédiaire de la pièce, à une distance variable des deux faces, une ligne de *fibres invariables.*

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX.

Nous établirons d'après Poncelet et Morin l'équation fondamentale de cette théorie.

La rotation qui se produit dans chaque section, lors de la flexion, s'effectuant pour chacune d'elles autour de la ligne contenue dans la couche des fibres invariables, il s'ensuit que l'allongement et le raccourcissement des fibres situées en dehors de la couche des fibres invariables, sont proportionnels à leur distance à cette couche.

Examinons, d'après cela, ce qui se passe entre deux sections infiniment voisines et perpendiculaires à la longueur d'un corps fibreux fléchi, que nous supposerons par exemple solidement encastré par l'une de ses extrémités et soumis de l'autre à l'action d'une force extérieure P qui agit normalement à sa longueur dans le plan vertical moyen qui le diviserait longitudinalement en deux parties égales.

Soient IK et *ik* (fig. 12) les sections que l'on considère

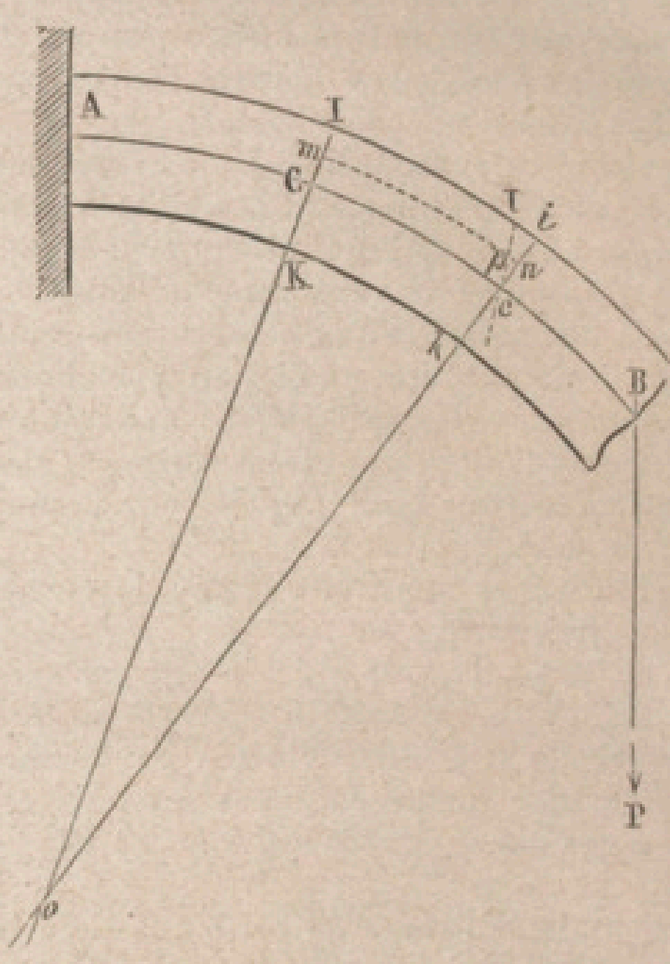


Fig. 12.

et dont les plans prolongés se rencontrent suivant une ligne perpendiculaire au plan moyen du corps et qui se projette en *o*. Dans la flexion du corps les sections IK et *ik* restant normales à la ligne des fibres invariables, le point *o* sera le centre de courbure de cette ligne, et $Co = r$ sera le rayon de courbure.

Si par le point *c*, appartenant à la ligne des fibres de longueur invariable, on mène une parallèle cI' à la ligne CI, il est évident qu'une ligne quelconque *mn*, qui avait avant la flexion une longueur égale à $Cc = mp$, se sera allongée de la quantité *pn*, qui sera proportionnelle à sa distance *pc* à la fibre invariable *Cc*. Les triangles *Coc* et *pcn* étant semblables, on a: $pn : c'n :: s : r$ ou

$pn = \frac{s}{r}\,v$, en appelant v la distance du point n à la couche des fibres invariables; l'allongement de cette fibre par unité de longueur, sera donné par le rapport

$$\frac{pn}{mp} = \frac{pn}{Cc} = \frac{cn}{co} = \frac{v}{r} = i,$$

a étant l'aire élémentaire de la section de cette fibre, sa résistance p à l'allongement i est Eai, on a donc:

$$p = Eai = \frac{E}{r} \times av.$$

Les résistances moléculaires des fibres étant toutes normales à la section, il faudra, dans l'état d'équilibre de cette section, que les résistances à l'extension des fibres placées d'un côté de la surface des fibres inva-

riables, fassent directement équilibre, aux résistances à la compression des fibres situées de l'autre côté; et comme toutes ces forces sont parallèles, cela exige que leur somme soit égale à zéro.

L'une quelconque de ces forces ayant pour expression

$$p = \frac{E}{r} av,$$

et le facteur $\frac{E}{r}$ étant constant pour toutes les fibres, la somme des forces analogues pour toutes les fibres a, a', a'' placées à des distances v, v', v'', et qui doit être nulle, sera:

$$\frac{E}{r} av + a'v' + a''v'' + \text{etc...} = 0.$$

Cette condition revient à dire que la somme des moments des sections de chacune des fibres, par rapport à la ligne des fibres invariables, doit être nulle, c'est-à-dire, d'après un théorème de statique, que cette ligne des fibres invariables passe par le centre de gravité. La détermination géométrique de ce point pour les diverses sections d'un corps, permettra donc de déterminer la ligne perpendiculaire au sens de la résultante des forces extérieures qui contient les fibres invariables.

Revenons au corps encastré par une de ses extrémités et soumis à l'action d'une force extérieure; lorsque ce corps sera parvenu à une position d'équilibre, la flexion générale et par suite la rotation des fibres élémentaires de la section IK ayant cessé, il faudra nécessairement que la somme des moments des résistances moléculaires par rapport à cette ligne, soit égale à la somme des moments des forces extérieures qui agissent à droite de la section IK. C'est la deuxième condition de l'équilibre dans cette section.

Or, le moment de la résistance p de la fibre $m n$ par rapport à la ligne des fibres invariables, est pv ou $\frac{E}{r} av \times v$, et la somme de tous les moments semblables sera pour la section entière :

$$\frac{E}{r} (av^2 + a'v'^2 + a''v''^2 +, \text{etc.})$$

La somme des produits av^2, $a'v'^2$ ..... de l'aire de la section transversale de chaque fibre par le carré de sa distance à la ligne des fibres invariables, est le *moment d'inertie* I, quantité qui peut se calculer algébriquement pour toute forme déterminée.

Donc la somme des moments de toutes les résistances moléculaires à l'extension et à la compression est $\frac{E}{r} I$, et cette somme doit être égale au moment Pl de la force extérieure qui tend à produire la rotation autour de la section IK que l'on considère, et on a la relation fondamentale

$$\frac{E}{r} I = Pl. \qquad (1)$$

Tout ceci suppose, que l'équilibre peut subsister d'une manière permanente, que la résistance de la pièce est durable et offre la sécurité nécessaire; pour cela, il faut qu'aucune des fibres de la section transversale que l'on considère ne soit soumise à un allongement ou à une compression qui dépasse les limites de l'élasticité.

Dans la rotation qui se produit autour de la ligne des fibres invariables, la fibre la plus éloignée est évidemment celle qui s'allonge ou se raccourcit le plus. Si, par exemple, ci est plus grand que ck, la fibre dont la longueur a subi la plus grande variation est II', et son allongement est I'i; or, pour les triangles semblables, en appelant V la distance c I' de cette fibre à l'axe des fibres invariables :

$$\frac{I'i}{Cc} = \frac{cI'}{Co} = \frac{V}{r}.$$

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX.

et en nommant i' l'allongement ou le raccourcissement proportionnel maximum que les fibres peuvent éprouver sans altération de leur élasticité, il faut que l'allongement V de la plus éloignée soit au plus égal à i', ce qui donne :

$$\frac{V}{r} = i', \quad \text{d'où} \quad \frac{1}{r} = \frac{i'}{V} \quad \text{et} \quad \frac{EI}{r} = \frac{EIi'}{V}.$$

Mais si, d'après ce qui a été dit précédemment, on continue à appeler R l'effort permanent de compression ou d'extension que chaque unité de surface peut supporter avec sécurité, on aura :

$$R = Ei', \quad \text{d'où} \quad i' = \frac{R}{E} \quad \text{et par suite} \quad \frac{EI}{r} = \frac{RI}{V}.$$

pour la somme des moments des résistances moléculaires de la section que l'on considère, à l'extension et à la compression, quand ces fibres ne seront soumises qu'à des efforts qu'elles puissent supporter avec sécurité. On obtient ainsi la relation:

$$\frac{RI}{V} = Pl. \qquad (2)$$

Pour appliquer cette formule il faut calculer I pour les divers cas.

Applications. Soit F la valeur maximnm de la résistance au point de rupture.

a la largeur horizontale.

b la hauteur.

R le coefficient de rupture par traction.

On obtient les résultats suivants :

1° Section rectangulaire. . . $F = \frac{Rab^2}{6}$;

2° Section carrée. . . . . $F = \frac{Ra^3}{6}$;

3° Section carrée, dressée suivant une diagonale. . . . . $F = \frac{Rr^3}{6\sqrt{2}}$;

4° Section circulaire. . . . $F = \frac{R\pi r^3}{4}$;

5° Section annulaire. . . . $F = \frac{R\pi(r^4 - r'^4)}{4r}$;

(r rayon extérieur, r' rayon intérieur.)

6° Section rectangulaire creuse ou à nervures. . . . . $F = \frac{R(ab^3 - a'b'^3)}{6b}$.

(a', b', dimensions intérieures correspondantes aux longueurs et hauteurs extérieures a, b.)

On considère quatre cas relativement à la position des points d'appui qui supportent la pièce.

Pour chaque cas on détermine la puissance F', qui s'exerce au point de rupture en fonction du poids, de l'effort P qui agit à l'extrémité ou au milieu, et de la distance L de son point d'application.

1° Barre encastrée par une extrémité:

$$F' = PL,$$

2° Barre supportée en son milieu :

$$F' = \frac{PL}{4};$$

3° Barre supportée par ses extrémités :

$$F' = \frac{PL}{4};$$

3° Barre encastrée par ses extrémités:

$$F' = \frac{PL}{8}.$$

Au moment de la rupture, la puissance F' et la résistance F sont égales. Donc, suivant chaque cas, en égalant ces valeurs, et on aura une équation d'où l'on dé-

duira les dimensions minima des pièces et par suite les dimensions réelles ayant un rapport constant avec ce minimum. Il suffit, pour appliquer ces formules à la construction, de connaître la valeur de R.

Solides d'égale résistance. Les effets de la puissance P, à des distances croissantes l, l'. . . du point où se produit la résistance, sont Pl, Pl'. . ., elles vont donc en croissant; les sections doivent donc être croissantes avec l'éloignement du point d'action de la force. La courbe déterminée par la condition d'égale résistance en tous les points est un arc de parabole. C'est donc la forme qu'on devra donner aux supports. C'est celle qu'on donne, par exemple, aux balanciers des machines à vapeur, qu'on forme de deux arcs opposés, puisque dans le cas des machines à double effet l'action se produit dans les deux sens.

L'équation de la parabole est $P = \frac{R a y^2}{6 x}$.

TORSION. Lorsqu'une pièce est soumise à l'action de couples qui tendent à la faire tourner autour de son axe géométrique, il se produit une torsion à laquelle résistent les forces moléculaires. Dans une section normale, les éléments se trouvent alors soumis à une force qui tend à les faire glisser et, pourvu qu'on ne dépasse pas les limites d'élasticité, il naît un état d'équilibre entre le moment des forces extérieures de rotation, d'une part, et les moments des tensions moléculaires dans les divers éléments de la section, d'autre part, ces moments étant pris par rapport à l'axe polaire du centre de gravité de la section, c'est-à-dire à un axe passant par le centre de gravité de la section et perpendiculaire au plan de cette section. La résistance à la torsion n'est pas autre chose qu'une résistance complexe au glissement, en même temps qu'à l'extension.

En effet, les déplacements ou arcs décrits par les molécules d'une même fibre sont proportionnels à leur distance à l'extrémité du solide, car les fibres prennent la forme d'hélices dont le pas est le même pour toutes. Elles se sont donc allongées de tout l'excédant de la longueur de l'hélice développée, sur la longueur primitive des fibres.

Si Pl est le moment des forces de rotation agissant sur une section de la pièce; I_p le moment d'inertie polaire de la section; a la distance au centre de gravité de la section de l'élément le plus éloigné; G la tension de glissement développée dans cet élément, on a:

$$P l = \frac{G I_p}{a}.$$

Pour le cercle, de diamètre d:

$$I = \frac{\pi}{32} d^4 \quad \text{et} \quad \frac{I_p}{a} = \frac{\pi}{16} d^3.$$

Pour le carré:

$$I_p = \frac{a^4}{6} \quad \text{et} \quad \frac{I_p}{a} = \frac{a^3}{3\sqrt{2}}.$$

La limite d'élasticité est atteinte lorsque G devient égal aux 4/5 du plus petit des deux modules d'élasticité de la matière dont la pièce est formée.

MACHINES A ESSAYER LES MÉTAUX. Les formules relatives à la résistance des matériaux ne peuvent être appliquées qu'en y introduisant des nombres déterminés par les physiciens relativement à l'élasticité du fer, de l'acier, etc. Or, ils ne s'appliquent pas, le plus souvent, aux substances que l'on doit employer, les fers et les aciers, par exemple, ayant des résistances très-différentes suivant les modes de préparation et de travail, les minerais, etc. On est donc obligé de multiplier par un coefficient très-élevé le nombre déduit des formules, ce qui rend en quelque sorte illusoire l'application de la théorie. Le remède à cet état de choses était d'introduire dans les ateliers de construction des appareils d'essai permettant de soumettre à la rupture, dans des conditions semblables à celles de leur emploi, les matériaux mêmes employé dans les constructions. Tels sont ceux établis en Angleterre avec succès par David Kirkaldy, et qui ont été perfectionnés en France par M. Thomasset.

Ces appareils, permettant de rompre des pièces de dimension notable, ne sont parvenus à un état définitif, ne sont devenus réellement pratiques que depuis qu'on a adopté la presse hydraulique pour produire des tractions considérables, sans les chocs, les flexions des pièces intermédiaires qui se produisaient dans les appareils à poids, à vis, à levier, etc.

C'est dans ces conditions que Kirkaldy a monté le premier établissement public d'expérimentation près de Londres, après des recherches faites chez Napier, à Glascow, établissement que l'industrie anglaise a aussitôt adopté, comme une base essentielle de la bonne construction mécanique.

La figure 13 représente l'appareil pour les ruptures à la traction, tel qu'il est construit par M. Thomasset qui, pour éviter même les petits à-coups que produit le mouvement du petit piston de la presse hydraulique ordinaire, mû par un levier, a eu l'heureuse idée d'employer la disposition d'un piston mû par une vis, pour agir d'une

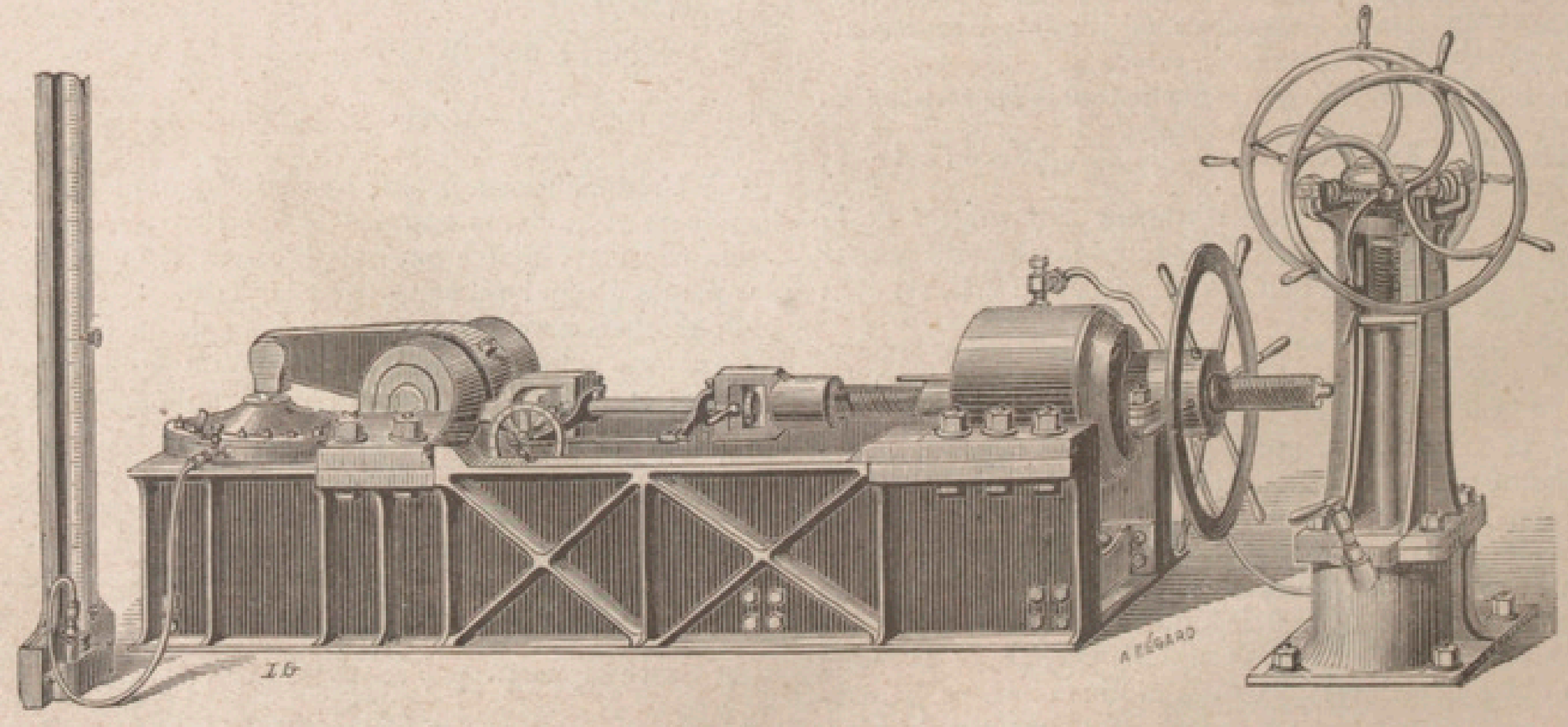


Fig. 13.

maniere tout à fait progressive, ce qui diminue beaucoup le personnel des essais et supprime toute espèce d'à-coups. La pression hydraulique exercée dans le cylindre vertical sur l'eau au moyen d'une manivelle faisant tourner une vis sans fin, actionnant une roue dentée montée sur la vis porte-piston, est transmise par un tuyau au cylindre horizontal renfermant le piston dont la tige exerce la force de traction. La seconde mâchoire, qui saisit l'autre extrémité de la barre soumise aux essais, qui résiste, tire par couteau sur le petit bras d'un levier coudé, monté également sur couteau, et dont le second bras horizontal vient s'appuyer par son extrémité sur le centre d'un plateau manométrique. Ce dernier repose sur une capacité fermée par un diaphragme renfermant de l'eau, et la pression transmise par le liquide, est équilibrée en chaque instant par la colonne verticale d'un manomètre à mercure qui communique avec l'eau placée sous le diaphragme. C'est une disposition précise et excellente, dérivant de celle des manomètres Galy-Cazalat (voy. MANOMÈTRE); celui-ci peut être taré avec des poids et donne par suite toujours des résultats certains, ce qui n'a pas lieu quand on mesure la pression de l'intérieur de la presse, dont on peut difficilement apprécier les résistances intérieures.

La machine ci-dessus sert presque sans changement pour faire des expériences et à la compression. Pour la flexion, la pièce est supportée entre deux couteaux; c'est vers le milieu qu'agit un troisième couteau monté sur la tige du piston.

CLASSEMENT DES FERS ET DES ACIERS. Un grand progrès de la construction est, au lieu d'employer, pour ainsi dire, indistinctement des fers et des aciers de provenance quelconque, comme on le faisait autrefois, d'avoir appris à classer ces métaux et de se servir pour chaque cas de la sorte la plus convenable. Cela permet d'augmenter la résistance des pièces à poids égal, ou de diminuer notablement le poids des pièces mobiles, à résistance égale.

Nous n'avons pas à revenir sur le classement des fers, donné si complétement par M. Baude, à l'article SERRURERIE; nous reviendrons seulement sur le classement des aciers obtenus à l'aide des machines dont il vient d'être parlé, et qui, d'une grande puissance, ne fournissent plus seulement des résultats d'expériences sur des fils de petit diamètre, dont la théorie tire des règles pour des pièces de grande dimension, mais permettent de déterminer les efforts nécessaires pour la rupture des barres de dimensions comparables à celles des pièces employées dans la construction, fournissant par suite des nombres applicables en toute sécurité par le constructeur.

La dureté des aciers purs, dans lesquels des corps étrangers, et surtout le silicium n'entre pas en quantité notable, paraît être en raison de la teneur en carbone, de telle sorte que l'analyse chimique fournit, entre certaines limites, un moyen de classement. Nous le montrerons en rapportant les expériences de Kirkaldy sur des aciers de Suède de l'usine Fagersta. Nous rapporterons ici les résultats d'expériences faites dans le but de déterminer les propriétés mécaniques de barres d'acier martelé, possédant différents degrés de dureté, et la manière dont cet acier se comportait en le soumettant aux efforts auxquels il se trouve exposé dans la pratique.

Douze barres formaient quatre groupes de trois barres, portant les marques de l'usine: 1, 2; 0, 9; 0, 6; 0, 3, qui indiquaient leur degré de pureté d'après l'essai chimique donnant le dosage du carbone. Chaque barre fut amenée par le martelage à 12,90 de section, et toutes ont été préparées et essayées exactement dans les mêmes conditions. Les spécimens destinés aux épreuves de traction, de compression et de torsion furent tournés avec le plus grand soin, amenés à $0^m,0285$ de diamètre et parfaitement polis; les échantillons soumis aux expériences de flexion furent soigneusement planés et amenés à une section rectangulaire de $0^m,048$ de côté. Tous les résultats sont donnés en kilogrammes par millimètre carré de section.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX.

Le tableau suivant résume les moyennes obtenues dans les expériences à la traction.

MARQUES.	LIMITE D'ÉLASTICITÉ.	RUPTURE.	DIMINUTION DU DIAMÈTRE à la rupture.	ALLONGEMENT.	NATURE de la CASSURE.
			pour 100.	pour 100.	
1.2	$43^k.60$	$60^k.00$	2.65	1.8	Granuleuse.
0.9	44 .31	74 .94	6.11	5.1	Granuleuse.
0.6	40 .84	72 .15	14.43	6.6	Granuleuse
0.3	30 .30	43 .10	61.52	16.5	Soyeuse.

Un échantillon de la marque 0,9 a offert la plus grande résistance à la traction, et ne s'est rompu que sous une charge de 79,42 par millimètre carré de section.

Pour essayer la résistance à la compression, on s'est servi d'échantillons portant les mêmes marques, et ayant des longueurs égales à 1, 2, 4 et 8 fois leur diamètre; les résultats moyens obtenus sur l'ensemble des échantillons ont été les suivants:

Marques.	Limite d'élasticité.	Écrasement.
1.2	$43^k.47$	$95^k.00$
0.9	41 .83	90 .46
0.6	39 .25	81 .12
0.3	28 .59	85 .72

La plus grande résistance à l'écrasement a été donnée par un échantillon marqué 0, 9, ayant 2 diamètres en longueur, et qui a nécessité une charge de $129^k,45$ par millimètre carré de section.

Sous une charge de 140 kilogrammes par millimètre carré de section, les effets de compression ont produit sur les divers échantillons, ayant une hauteur égale à leur diamètre, une diminution de la longueur, qui s'est élevée pour les marques 1, 2 à 20 pour 100 de la longueur initiale; pour les marques 0, 6 à 26 pour 100, et pour les marques 0, 3 a atteint 48,1 de la longueur initiale.

Pour mesurer la résistance à la flexion, les barres soumises aux essais ont été, comme nous l'avons dit, rabotées et façonnées en forme de rectangle ayant $0^m,048$ de côté; elles étaient placées sur des supports éloignés de $0^m,508$ l'un de l'autre, et la pression se faisait au centre de la barre. La moyenne des résultats obtenus est reproduite dans le tableau suivant:

MARQUES.	LIMITE D'ÉLASTICITÉ.	RUPTURE.	FLEXION au moment de la rupture.	NATURE DE LA CASSURE.
			mm.	
1.2	$14^k.86$	$22^k.91$	19.81	Beau grain.
0.9	15 .26	30 .71	37.84	Beau grain.
0.6	12 .89	27 .02	84.07	Beau grain, sauf une bavure
0.3	11 .09	17 .77	129.79	Beau grain, sauf une bavure.

ESSAIS PAR POINÇONNAGE. Le poinçonnage fournit un moyen très commode d'expérimenter la résistance des métaux. M. Marché, dans une intéressante communication à la Société des Ingénieurs civils, a signalé à

ce point de vue les expériences faites par M. Smith sur des rails Bessemer, à l'usine Barrow, et qui montrent qu'on peut trouver des indications très-précises sur la nature de l'acier employé pour chaque rail fabriqué, en mesurant l'effort nécessaire pour poinçonner les trous d'éclisses.

Les trous d'éclisses dans les rails d'acier ne se font pas ordinairement à la poinçonneuse, mais au foret; mais, comme il a été démontré que l'action du poinçon est toute locale et que le métal n'est altéré que dans une zone circulaire de 1 à 2 millimètres d'épaisseur, il n'y a aucun inconvénient à percer les trous d'éclisses avec une poinçonneuse en ayant soin de donner au poinçon un diamètre inférieur à celui du trou qu'on alèse ensuite au diamètre définitif.

Il suffit alors de disposer la poinçonneuse de manière à permettre de mesurer l'effort nécessaire au poinçonnage pour avoir pour chaque rail, ainsi essayé individuellement, la mesure de sa dureté.

Les chiffres suivants montrent dans quelles limites on peut admettre que la résistance à la traction, l'allongement, etc., sont en relation constante avec la teneur en carbone.

Expériences sur des rails Bessemer et Barrow.

	TENEUR en CARBONE.	Effort nécessaire pour poinçonner un trou de $22^m/_m225$ de diamètre Épaiss. $19^m/_m$.	ESSAIS A LA TRACTION. Charge de rupture par $^m/_{m^2}$.	ESSAIS A LA TRACTION. Allongement pour 100 sur $50^m/_m8$ de longueur.
		kil.	kil.	pour 100.
Rails doux.	0.28	47.380	48.60	36.25
	0.29	49.670	51.17	34.5
	0.30	50.110	51.82	34.9
	0.32	51.750	51.97	32.0
Rails durs.	0.36	57.640	58.23	26.0
	0.40	59.180	59.19	24.5
	0.45	66.170	69.22	16.5
	0.50	75.620	72.00	3.0
	0.57	83.700	78.15	3.0

L'essai à la traction donne, on le voit le même classement des produits que la résistance au poinçonnage et que la teneur en carbone.

Ces chiffres, comme tous ceux des classements d'usine et ceux des séries d'essais cités plus haut, montrent que la résistance à la rupture dans les essais à la traction sur des essais de même origine, et amenés à la même forme et aux mêmes dimensions par le travail de la fabrication, augmente avec la teneur en carbone et par conséquent avec la dureté.

Mais il faut remarquer que ce fait n'est vrai que tant que la proportion de carbonne ne dépasse pas 0.8 à 1.2 pour 100; au delà de 1.2 pour 100 la résistance diminue.

Ce fait d'un maximum de résistance correspondant à une teneur en carbone d'environ 1 pour 100 s'explique par les considérations suivantes :

La résistance à la rupture R, dont il est question ici, est rapportée à la section primitive, mais la rupture n'a lieu qu'après que la tige s'est allongée et sa section transversale réduite dans une proportion d'autant plus grande que l'acier considéré est moins dur. Si F est la résistance à la rupture par millimètre carré de la section de rupture, qui est une fraction Σ de la section primitive, on a : $R = \Sigma \times F$.

Or, on observe que l'effort F sous lequel la cohésion du métal est détruite est d'autant plus grand que le métal est moins carburé, et diminue graduellement à mesure que la teneur en carbone augmente, depuis l'acier extra-doux à 0.15 pour 100 de carbone, pour lequel cet effort atteint 120 kilogrammes par millimètre carré, jusqu'à la fonte dont la résistance descend jusqu'à 15 kilogrammes par millimètre carré; mais d'autre part la réduction de section dans la partie rompue est presque nulle lorsque la teneur en carbonne atteint environ 1 pour 100, c'est-à-dire que le rapport Σ de la section de rupture à la section primitive qui est de 0.250 à 0.300 pour les aciers très-peu carburés, atteint une valeur très-voisine de 1, dès que la teneur en carbone est de 1 pour 100.

Pour les aciers commerciaux, dont la proportion de carbone est comprise entre 0.15 et 0.80 pour 100, on peut admettre que cette résistance est sensiblement proportionnelle à la teneur en carbone.

Ainsi on trouve entre la résistance R et le dosage du carbone γ les relations suivantes, en prenant les chiffres des divers classements d'usine :

Classement de J. Cockeril. . . .	$R = 70\gamma + 30^k$
Classement de Terre-Noire. . . .	$R = 75\gamma + 32$
Classement du Creusot, série A (aciers ordinaires).	$R = 80\gamma + 21$
Classement du Creusot, série C (aciers de qualité supérieure). . . .	$R = 80\gamma + 25$

Des différences dans les valeurs des résistances, pour une même valeur de γ qu'on constate entre ces divers classements, résultent des différences de nature des fontes traitées et de la présence d'autres éléments : phosphore, silicium et manganèse qui modifient la qualité de ces aciers de provenances variées.

On complète la définition des aciers en indiquant avec la résistance à la rupture soit la *striction* Σ, rapport de la section de rupture à la section primitive, soit l'allongement permanent à la rupture.

Essai par poinçonnage des plaques minces.

Le poinçonnage est, dans certains cas, le seul moyen applicable pour déterminer la résistance des métaux. Il en est ainsi, par exemple, lorsqu'on ne dispose que d'une petite quantité de matière, par exemple lorsqu'on fait des essais d'alliages. C'est en effet pour des recherches à ce sujet que j'avais pensé à ce système. Le rayon du poinçon étant a, l l'épaisseur de la plaque, $2\pi a l$ sera la section de rupture, et le travail consommé sera $2R\pi a l$, R étant la résistance à la rupture.

Pour mesurer ce travail et par suite R, un mouton d'un poids connu tombant d'une hauteur déterminée, fournirait la disposition la plus simple, dans la plupart des cas. Deux ou trois essais, au-dessus et au-dessous du poinçonnage complet, permettraient de mesurer avec assez de précision la hauteur h, et par suite le travail Ph strictement nécessaire, et par suite déduire R, seule quantité alors inconnue, de l'équation

$$Ph = R\pi a l^2.$$

Nous croyons que c'est faute d'un semblable moyen d'essai, que plusieurs chimistes qui ont commencé l'étude des alliages, n'ont pas poursuivi leurs utiles travaux.

RÉSISTANCES PASSIVES. Toute machine a pour but de transmettre le travail moteur à un opérateur, mais nécessairement ce travail est diminué de toutes les résistances propres de la machine, que l'on appelle *résistances passives*. C'est surtout du frottement qu'elles résultent; c'est cette résistance que nous étudierons en premier, avec le développement que justifie sa grande importance dans les applications. Nous parlerons ensuite de la résistance des cordes, qui procède en réalité du

RÉSISTANCES PASSIVES.

frottement, mais qui par suite de leur flexibilité, de leur enroulement, fournit des résultats tout particuliers dans les systèmes où elles sont employées.

FROTTEMENT. Toutes les fois qu'un corps se meut en glissant sur un autre, il se produit une résistance qui s'oppose au mouvement, et que l'on nomme *frottement de glissement*. Il est dû à une action réciproque des molécules des deux corps les unes sur les autres, qui engrènent en quelque sorte, quel que soit le poli de la surface, pour produire des effets qui peuvent indiquer la nature de l'action. On a reconnu par des expériences très-précises, fournissant des déterminations dont nous donnons les principales dans le tableau ci-après, que cette résistance est assujettie à trois grandes lois :

INDICATION des surfaces frottantes.	DISPOSITION des fibres.	ÉTAT des surfaces.	RAPPORT du frottement à la pression.
Chêne sur chêne.	Parallèles.	Sans enduit.	0,48
— —	—	Frottées de savon sec.	0,16
— —	Perpendiculaires.	Sans enduit.	0,34
Fer sur chêne.	Parallèles	—	0,62
—	—	Savon sec.	0,21
Fonte sur chêne.	—	Sans enduit.	0,49
Fonte sur chêne.	—	Savon sec.	0,19
Fer sur fer.	—	Sans enduit.	Les surfaces se rodent.
Fer sur fonte.	—	Surfaces un peu onctueuses.	0,18
Fonte sur bronze.	. . . . .	— —	0,15
Bronze sur bronze.	. . . . .	Sans enduit.	0,80
Chêne, orme, fonte, fer, acier et bronze, glissant l'un sur l'autre ou sur eux-mêmes.	. . . . .	Lubréfiées à la manière ordinaire, de suif, d'huile, de saindoux, etc.	0,07 à 0,08
Les mêmes, *idem*.	. . . . .	Légèrement onctueuses au toucher.	0,15
Calcaire tendre sur *idem*.	. . . . .	Sans enduit.	0,64
Granit sur *idem*.	. . . . .	—	0,66

1° *Le frottement est proportionnel à la pression*, c'est-à-dire que la résistance est toujours une même fraction de la pression qui applique un corps sur l'autre, ce qui se comprend assez bien, puisque les actions moléculaires doivent naître en raison de cette pression.

2° *Le frottement est indépendant de l'étendue des surfaces en contact*, c'est-à-dire que, quand cette étendue augmente sans que la pression change, la résistance totale reste la même encore, bien que la pression sur chaque élément se trouve diminuée à peu près en raison inverse de l'étendue même des surfaces.

3° *Le frottement est indépendant de la vitesse du mouvement*, c'est-à-dire qu'une même quantité de travail sera consommée pour surmonter le frottement, pour faire parcourir à un corps une longueur déterminée, quelle que soit la vitesse du mouvement.

Dans toutes les machines les axes de rotation consomment un travail notable par l'effet du frottement, comme le montre le tableau ci-dessous.

AXES EN MOUVEMENT.		NATURE DES ENDUITS.	RAPPORT DU FROTTEMENT à la pression.	
Axes.	Coussinets.		Graissage ordinaire.	Graissage continu.
Fonte.	Fonte.	Huile d'olive, saindoux, suif.	0,07 à 0,08	0,054
Fonte.	Bronze.	— — —	0,07 à 0,08	0,054
Fonte.	Gaïac.	— — —	0,10	0,090
Fer.	Fonte.	— — —	0,07 à 0,08	0,054
Fer.	Bronze.	— — —		
Fer.	Gaïac.	— — —	0,11	

De la nature du frottement entre corps solides. — Le frottement entre corps solides, cause de résistance dont les effets sont si multipliés, doit être propre, comme les phénomènes sonores, à manifester intimement la constitution de ces corps. Bien qu'ayant été l'objet de nombreuses recherches, les lois du frottement auxquelles on est parvenu n'ont pas été jusqu'ici rattachées à la physique moléculaire, à la constitution des solides. C'est pourtant ce qui me paraît facile.

Tandis que les résistances d'un corps solide se mouvant dans un fluide sont proportionnelles au carré de la vitesse, ce qui indique bien nettement que ces résistances consistent principalement en une communication de forces vives aux fluides mis en mouvement, au contraire, le frottement entre corps solides est indépendant de la vitesse, ce qui ne se comprend guère avec la proposition habituellement formulée, que la résistance du frottement est due à un arrachement des aspérités des surfaces en contact. C'est bien évidemment par l'action de celles-ci que naît le frottement, mais si la résistance consistait dans la destruction des aspérités, elle ne serait certainement pas indépen-

dante de la vitesse, de la quantité des aspérités arrachées.

Si, au contraire, on pense à la facile production des vibrations dans les corps solides, il sera naturel de considérer le frottement comme une vibration qui se propage dans l'intérieur du corps, ce qui est bien d'accord avec la loi indiquée ci-dessus. Alors, de même qu'une corde d'une certaine longueur rend toujours la même note, donne le même nombre de vibrations, quelle que soit la vitesse avec laquelle on la choque, pour un corps de nature déterminée, le nombre des vibrations engendré par le frottement sera indépendant de la vitesse, comme l'a démontré l'expérience.

L'indépendance du frottement de l'étendue des surfaces en contact et sa proportionnalité avec la pression, qui détermine le nombre de files de molécules qui entrent en vibration, s'accordent également bien avec cette manière de concevoir le frottement.

S'il restait quelques difficultés à concevoir le travail consommé par le frottement comme répondant à une propagation de vibrations dans l'intérieur des corps solides, je citerais les cas où les vibrations, devenant musicales, sont aisément constatées. Dans certains intruments de musique, dans les expériences de physique à l'aide desquelles on détermine les surfaces nodales des plaques, on met celles-ci en vibration par le frottement d'un archet. Mais il y a plus : dans la plupart des cas de la pratique, lorsque le frottement atteint une certaine intensité, lorsqu'on serre fortement les freins d'une voiture de chemin de fer, par exemple, les vibrations qui n'étaient pas d'abord perceptibles pour l'oreille le deviennent; elles ne peuvent donc alors être contestées.

Si nous rappelons enfin que le frottement est une cause constante d'échauffement, ce qui précède fait comprendre comment il fait naître dans un corps solide des vibrations calorifiques qui constituent une nouvelle forme que prend le travail mécanique consommé par ce frottement.

Comme le montrent les tableaux ci-dessus des coefficients de frottement, les deux grands moyens de diminuer cette résistance sont :

1° La dureté et le poli des corps ;

2° L'emploi des enduits gras.

On sait avec quel soin ces conditions sont satisfaites dans la pratique, où les surfaces frottantes sont le plus souvent en acier trempé, c'est-à-dire aussi dures qu'il est possible de les obtenir et toujours baignées dans la graisse ou dans l'huile.

Nous compléterons cette étude en empruntant à Willis qui a remis en lumière les travaux trop oubliés des premiers savants qui ont étudié le frottement, un intéressant travail.

Méthode de Parent (Mémoires de l'Académie des

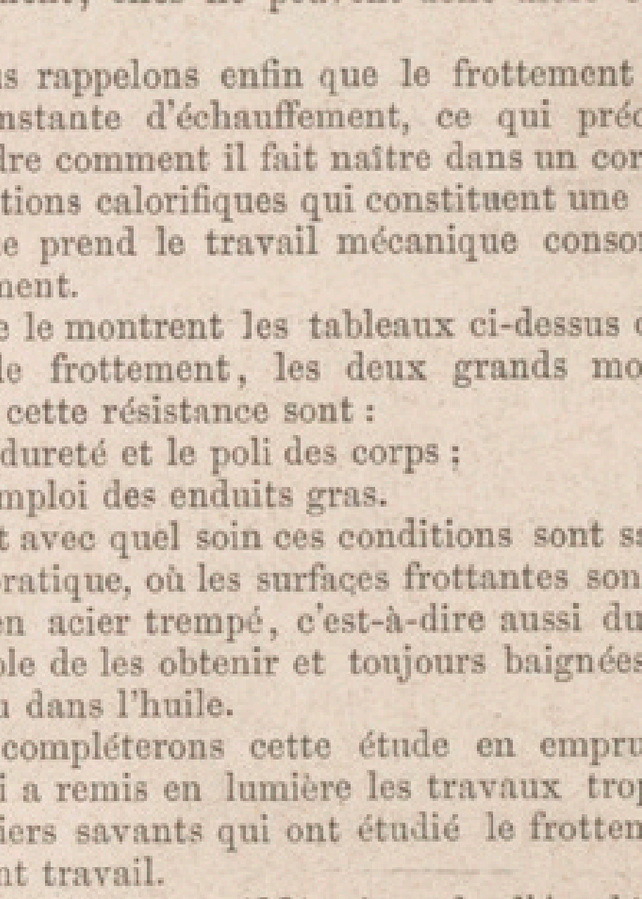


Fig. 14.

sciences, 1704). Soit EF un plan fixe horizontal, dont la surface n'est pas polie, sur lequel repose, par une face plane inférieure, une pièce DB, et soit une force appliquée à l'extrémité supérieure d'une barre CB, pressant la pièce DB sur le plan fixe, en poussant obliquement (fig. 14). Cette barre est terminée par une partie ronde. Par un de ses points abaissons la perpendiculaire CD à la surface de la pièce mobile; on a un triangle à angle droit en D. Si CB représente la force de poussée dans la direction de la barre, elle peut se décomposer en CD qui presse la surface normalement, et DB parallèle à la surface qui pousse directement la pièce mobile sur la surface mobile.

Ainsi, toute force oblique produit par sa composante normale une pression qui détermine la grandeur de la résistance de frottement, et sa composante parallèle au plan est la force directement opposée à cette résistance passive.

Soit l'angle BCD tel que, par suite de la pression de la composante CD de la poussée, la composante DB soit exactement égale à la résistance de frottement; il ne se produira pas de mouvement, quelle que soit la grandeur de la force de poussée, parce que le rapport des deux composantes reste le même. Cette valeur particulière de l'angle de poussée était appelée par Parent angle d'équilibre et s'appelle maintenant angle limite de résistance.

Quand cet angle est diminué en inclinant la barre en avant comme en BC', la composante de la pression C'D' augmente et celle de la poussée D'B diminue. Par suite, la pièce mobile ne peut plus glisser, quel que soit l'effort exercé en C'. D'autre part, si on augmente l'angle limite en inclinant la barre en arrière, la composante de pression C''D'' diminue et celle de pression BD'' augmente. Par suite, la pièce glisse nécessairement, quelle que soit la force appliquée en C''.

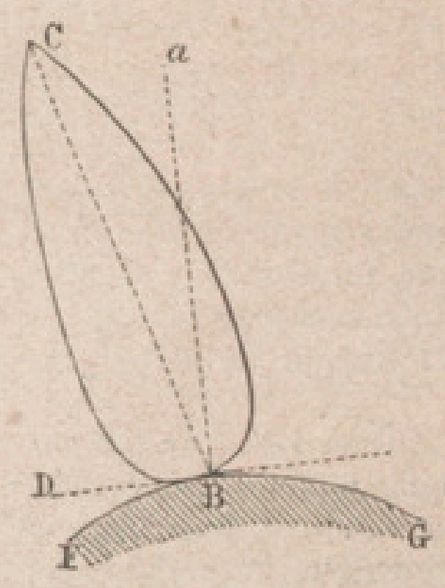


Fig. 15.

La barre CB (fig. 15) peut être terminée à son extrémité par une surface convexe reposant soit sur le plan fixe BD, soit sur une surface courbe GBF.

Dans le premier cas, le point de rencontre B des deux surfaces peut être joint par une ligne droite BC, joignant le point d'application C avec l'autre extrémité de la barre et cette droite fait avec la normale B*a* un certain angle.

Si l'extrémité inférieure de la barre est une surface courbe, reposant sur une autre surface courbe, on doit prendre l'angle de la barre avec la normale au plan tangent aux deux surfaces en leur point de contact.

Quand l'expérience a fait connaître l'angle limite φ, défini ci-dessus, pour les corps en contact, on peut calculer la valeur des trois côtés du triangle CDB alors formé. Ainsi :

Soit la force de poussée ou la réaction totale

$$(CB) = R.$$

La pression normale $N = (CD) = R \cos \varphi$.

Le frottement $F = (DB) = R \sin \varphi$.

Et le coefficient de frottement

$$f = \frac{\text{frottement}}{\text{pression}} = \left(\frac{DB}{CD}\right) = \text{tang } \varphi.$$

Ces angles étant constants, on peut dire que la réaction totale forme avec la normale un angle constant, dit l'angle de frottement, que l'on désigne par φ, et l'on a :

$$(1) \qquad \frac{F}{N} = \text{tang } \varphi = f.$$

$$(2)\qquad \frac{F}{R} = \sin\varphi = \frac{f}{\sqrt{1+f^2}}.$$

$$(3)\qquad \frac{N}{R} = \cos\varphi = \frac{1}{\sqrt{1+f^2}}.$$

Le tableau suivant est un résumé numérique des résultats moyens obtenus par de nombreux expérimentateurs pour les valeurs de f pour les différents corps.

CORPS EN CONTACT.	f — $\frac{BP}{CD}$ ou $\frac{\text{frottement}}{\text{pression}}$.		φ
Avec enduits gras..	0,08	$\frac{1}{12}$	5°
Métaux sur métaux.	0,17	$\frac{1}{6}$	10°
Bois sur bois.....	0,33	$\frac{1}{3}$	18°
Briques et pierres..	0,65	$\frac{2}{3}$	33°

La figure 16 montre aux yeux le résultat des expériences faites par Morin qui conduisent aux valeurs ci-

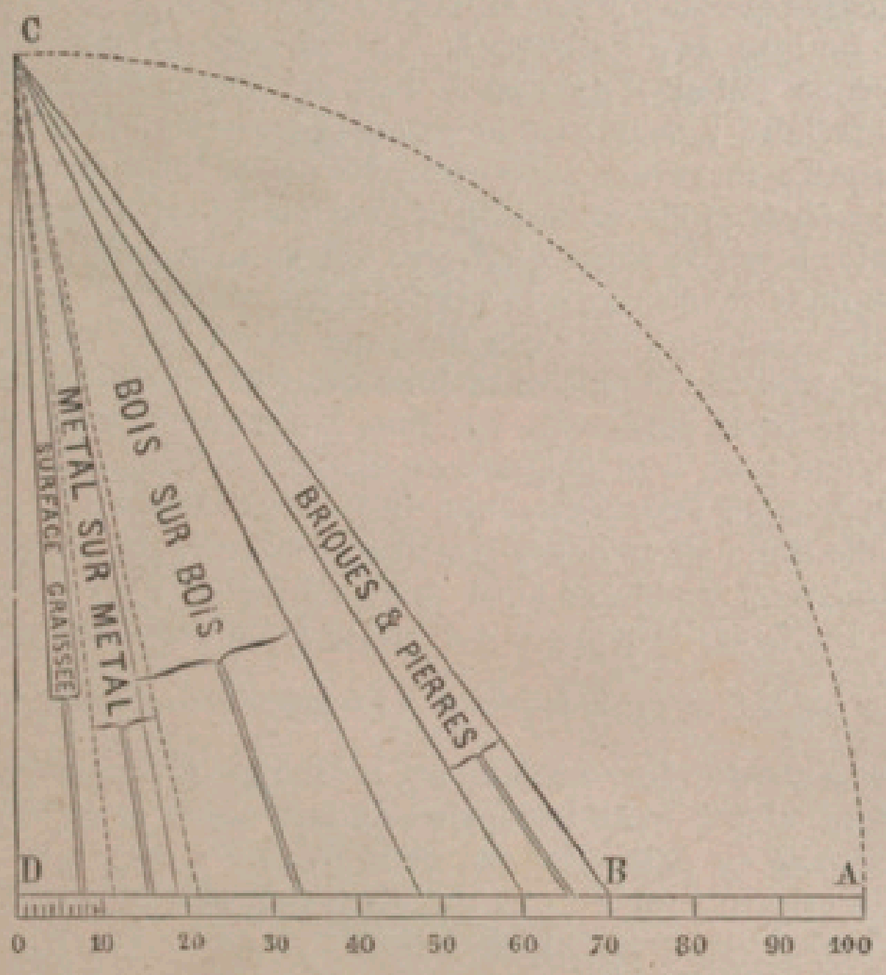


Fig. 16.

dessus de l'angle limite DCB. Il est la réduction d'un grand dessin sur lequel j'ai retracé les résultats obtenus par cet expérimentateur pour les divers genres de matériaux. J'y ai tracé les lignes des valeurs extrêmes et de la valeur moyenne pour les matériaux de tout genre agissant sur des matériaux semblables, métaux sur métaux, bois sur bois, briques et pierres ensemble. Pour chaque classe, on a tracé les plus petits et les plus grands angles, et ces deux lignes sont réunies par une accolade, du milieu de laquelle part une double ligne prolongée jusqu'à l'échelle, où elle indique la valeur moyenne de DB pour les corps dont il s'agit.

Cône de frottement ou de résistance. Il est une manière de considérer l'angle limite qui a conduit à d'utiles applications. C'est la méthode formulée par Moseley, complétant la proposition de Parent, pour l'analyse de la stabilité des constructions. AQB étant l'angle du frottement, limité par la ligne QB (fig. 17), AQ étant la normale au point Q, si l'on fait tourner la ligne BQ autour de QA comme axe, elle engendrera le cône BQC.

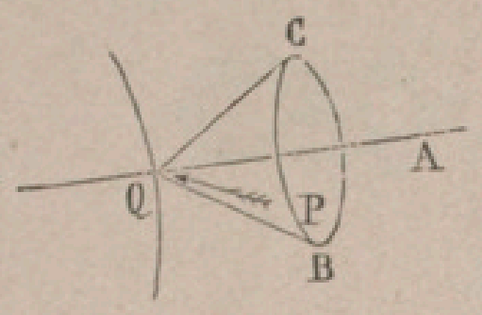


Fig. 17.

Il jouit de cette propriété que toute pression, quelque grande qu'elle soit, appliquée en Q, ne produira aucun mouvement et seulement une pression sur la surface, tant qu'elle sera dirigée à l'intérieur de ce cône. Au contraire, toute force, quelque petite qu'elle soit, produira un mouvement, ne sera pas annulée par la résistance du corps, si sa direction est extérieure au cône.

La propriété énoncée plus haut, transportée ainsi du plan que l'on peut considérer comme le plan tangent à une surface en un point, à cette surface même, prend une forme générale qui en rend l'application facile aux questions de stabilité des constructions. Elle consiste en ce que *toute pression appliquée à la surface d'un corps immobile par un second corps est détruite par la réaction de la surface de contact, quelque grande que soit cette pression, si sa direction forme avec la normale à cette surface un angle moindre que celui du frottement; tandis qu'elle n'est pas détruite par cette réaction, quelque petite que soit la pression, si elle forme avec la normale un angle plus grand que l'angle du frottmeent.*

Effet du contact prolongé. Il faut ajouter aux lois du frottement, que celui de deux surfaces qui sont demeurées quelque temps en contact, n'est pas seulement augmenté, mais encore sujet à des causes de variation et d'incertitude dont est exempt le frottement des corps en mouvement. Il est bien connu que le frottement entre les surfaces en contact est diminué par l'effet de vibrations imprimées aux corps par des chocs ou autres causes.

C'est ainsi que quand les menuisiers veulent desserrer le coin qui maintient le fer de leurs rabots, ils en frappent vivement l'extrémité, et les vibrations du bois desserrent le coin en diminuant le frottement, ce qui permet de l'ajuster convenablement.

De même les vibrations engendrées dans les roues des voitures par le parcours de routes mauvaises ou pavées, peuvent faire desserrer les écrous qui servent à maintenir ces roues, en diminuant l'adhésion par frottement de l'écrou avec la surface sur laquelle il est vissé, surface dont l'élasticité réagit sur l'écrou et le repousse, en le faisant tourner peu à peu sur le filet de la vis. Pour empêcher ou rendre au moins plus difficile ce mouvement, on place un contre-écrou, un second écrou derrière le premier.

La construction des attaches de voitures de chemin de fer offre un exemple d'une disposition excellente qui rend impossible la sortie de la vis de ses écrous. Il sert à réunir entre elles les voitures et la locomotive de manière à former un train.

Du centre d'une pièce cylindrique partent deux vis de direction opposée, filetées l'une de droite à gauche, l'autre de gauche à droite (fig. 18). Les écrous de ces vis sont tous deux attachés à de longs anneaux. Par suite des inclinaisons opposées des filets des vis, celles-ci suivant le mouvement de rotation de la pièce centrale, pénètrent ou sortent des écrous et par suite les rapprochent ou les éloignent. Pour faire usage de cet appareil, les anneaux écartés étant accrochés aux crochets des voitures à réunir; la double vis est tournée dans le sens qui produit le rapprochement des boucles et rapproche les deux voitures de manière que les tampons

soient convenablement pressés. La pièce centrale porte un bras transversal terminé par une boule qui pend en bas, et qui sert à la tourner.

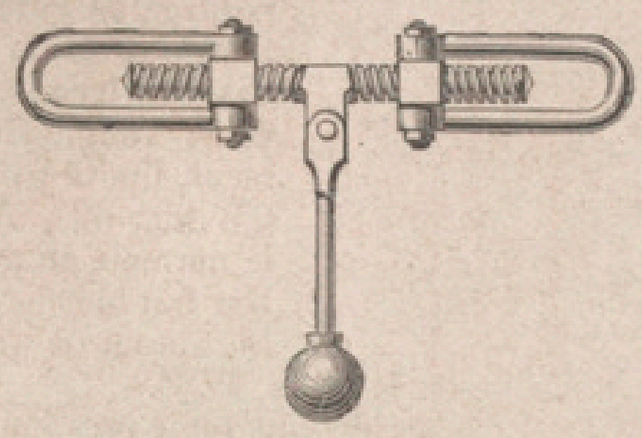


Fig. 18.

Si la double vis était mise en place avec une clé, les vibrations des voitures en mouvement pourraient desserrer les écrous et la double vis tourner sur son axe suivant lequel s'exerce l'effort qui tend à éloigner les anneaux. Cet effet est simplement et complétement empêché par la boule pesante; les chocs et les vibrations des voitures en mouvement ne pouvant jamais faire faire un demi-tour à la boule autour de la bielle d'accouplement.

Appareils de démonstration. La figure 19 représente

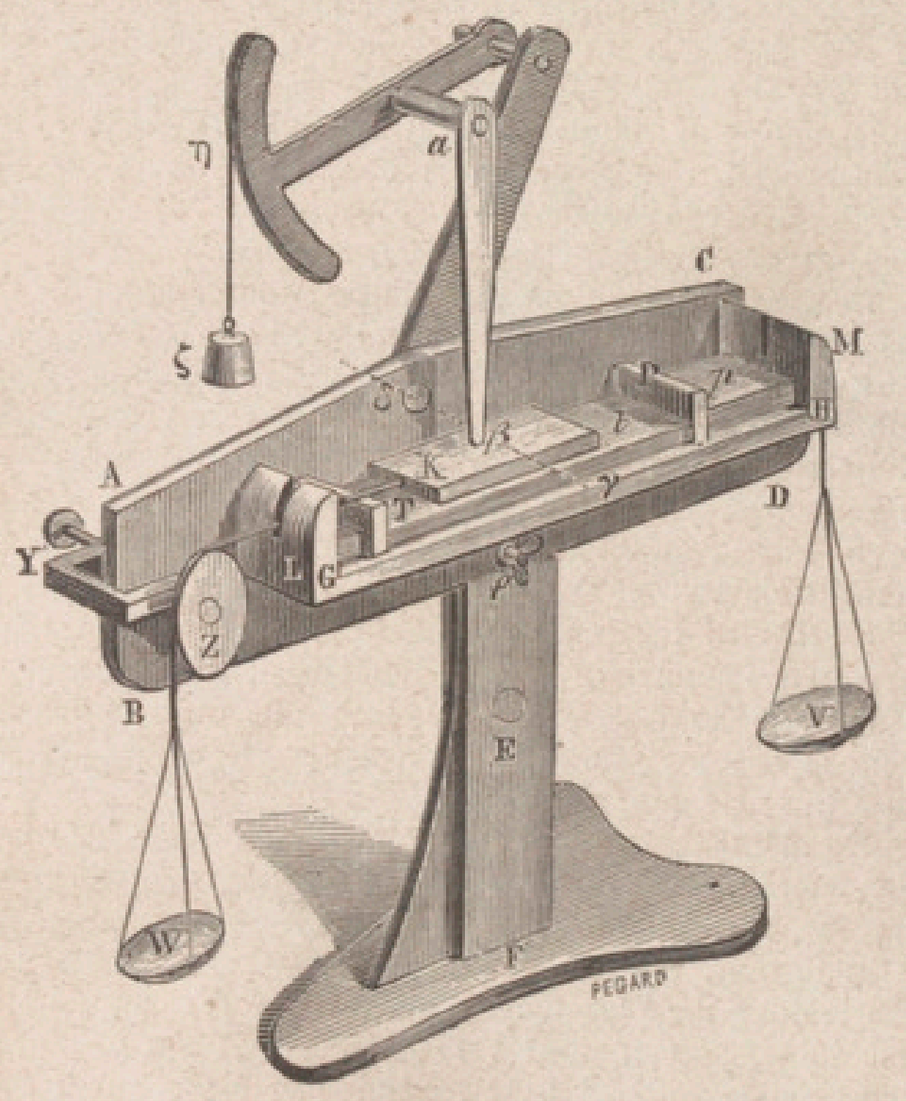


Fig. 19.

l'appareil que Willis a fait construire pour démontrer les deux premières lois du frottement, et fait partie d'une série de modèles extrêmement utiles pour l'enseignement de la mécanique physique.

ABCD est un bâti dont fait partie la pièce E qui sert à monter l'appareil sur le pied en fonte F quand on le fait fonctionner. GH est une tablette s'appuyant sur la partie supérieure de ABCD destinée à supporter les surfaces sur lesquelles on opère. Elle est terminée par deux saillies L, M, portant deux rainures dans lesquelles passent les cordes terminées par les plateaux de balance V, W.

Des séries de prismes de bois et de métal sont préparées; ceux inférieurs comme T*t* sont presque de la longueur de l'écartement des saillies LM, et un peu plus étroits que la tablette GH. Les prismes supérieurs mobiles, comme K, sont beaucoup plus courts et presqu'aussi larges que les inférieurs.

Le poids ζ qui détermine la pression de αβ est (si on ne préfère charger directement d'un poids la pièce glissante), pour une substance donnée, en rapport constant avec celui dont il faut charger le plateau V en W pour déterminer le mouvement dans un sens voulu, les articulations permettant à la pression de continuer à s'exercer verticalement pour un petit déplacement.

Les résultats de frottement produits par poussée oblique, donnés ci-dessus, peuvent être démontrés par l'appareil (fig. 20). Le bras βθ, attaché en arrière de la

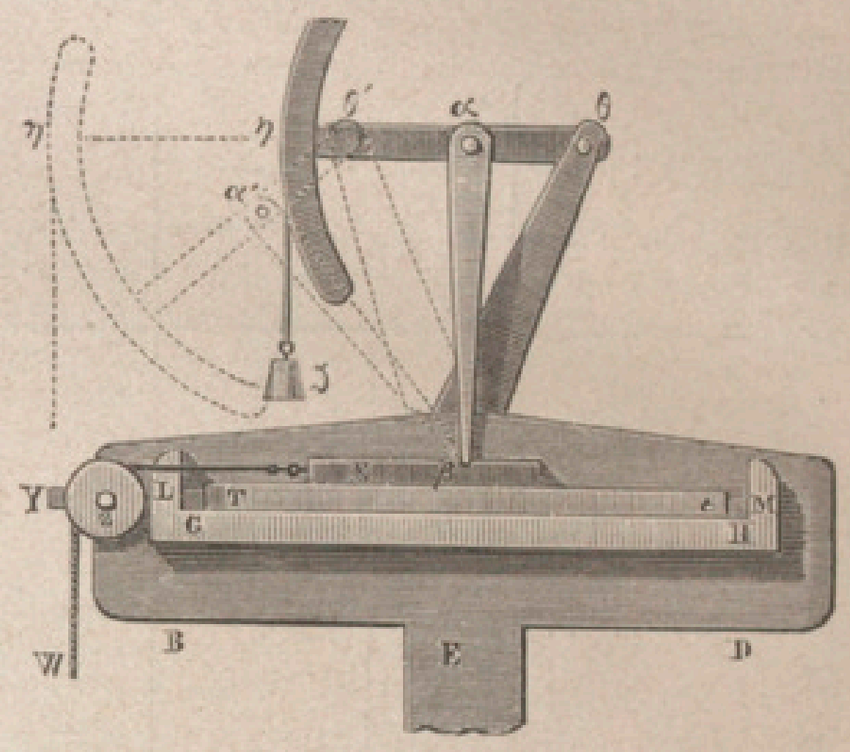


Fig. 20

planche AC par un boulon en δ, peut tourner autour de celui-ci, et est maintenu dans une inclinaison quelconque par un second boulon qui agit sur la circonférence que décrit son extrémité inférieure.

Le bras θη, horizontal dans sa position moyenne, tourne autour d'un axe en θ et est terminé à l'autre extrémité par un secteur circulaire portant, dans une rainure, une corde supportant des poids. En α un autre axe-pivot guide et maintient l'extrémité supérieure de cette barre de poussée αβ, qui tourne librement autour de lui et se termine à la partie inférieure par une extrémité ronde, qui est reçue dans une cavité pratiquée sur la face d'une des pièces mobiles décrites précédemment. Cette barre représente CB dans la figure 14, et on voit qu'elle peut être disposée de manière à faire un angle quelconque avec la direction du mouvement, par exemple celle indiquée en lignes ponctuées sur la figure. On peut évidemment obtenir ainsi une inclinaison quelconque.

D'ailleurs la poussée transmise reste constante pour un poids ζ et égale à $\frac{\zeta \times \eta\theta}{\alpha\theta}$. Le mécanisme faisant que βθ se meut autour de l'axe δγ, le triangle θαβ reste constant, et par suite le rapport de la poussée et de la résistance est déterminé par deux poids.

Les arrêts projetés en P et en G sont placés pour empêcher la pièce mobile de glisser trop loin.

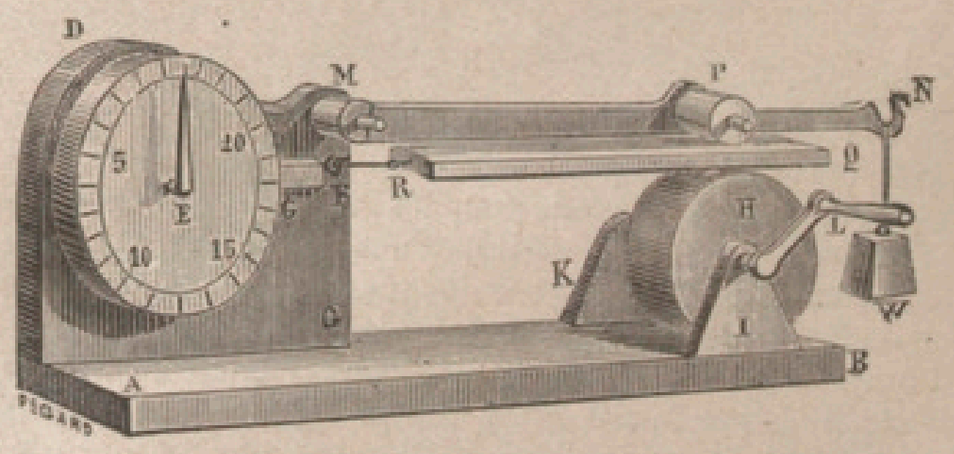


Fig. 21.

La figure 21 représente un appareil construit par Willis en 1840 principalement pour rendre manifeste la

troisième loi du frottement, à savoir qu'il n'est pas affecté par la vitesse du mouvement des surfaces en contact.

A une planche AB est fixée à angle droit une planche CD qui supporte l'appareil. La mesure de la résistance du frottement est obtenue au moyen d'un dynamomètre à ressort. Cet instrument, connu sous le nom de peson, consiste en ressort spiral renfermé dans une boîte cylindrique (*Voy.* DYNAMOMÈTRE. Quand on construit cet appareil de grandes dimensions, la tige qui entraîne le ressort communique un mouvement de rotation à un axe que l'on fait dépasser la surface d'un cadran et qu'on munit d'une aiguille. L'échelle des poids est gravée sur la circonférence.

Un cylindre H en bois dur est monté sur un axe horizontal, porté par les deux supports I et K, et muni de la manivelle L.

Un levier en fer MN est porté en M par un fort boulon soutenu par la pièce GO et se termine en N par un crochet. Verticalement au-dessus de l'axe du grand cylindre H, un fort boulon est rivé à ce levier et forme l'axe d'un petit cylindre P.

Une bande QR, de bois ou autre substance, est comprimée entre les deux rouleaux H et P, et assemblée par une tringle de fer avec l'extrémité de la tige du dynamomètre.

Le jeu de cette machine est le suivant. La manivelle étant mise en mouvement, la bande QR est entraînée entre les deux cylindres H et P par le frottement dû au poids du levier de fer et au poids suspendu à son extrémité W. Il en résulte une traction qui entraîne la tige GF du dynamomètre et tend le ressort jusqu'à la position où la force exercée par cette tension est égale au frottement de la surface inférieure de la bande de bois sur la partie supérieure du cylindre H. L'index du dynamomètre montre la grandeur de ce frottement.

Si le cylindre H est tourné constamment dans la même direction, la bande reste dans la même position, sauf de très-petites variations dues aux inégalités des surfaces frottantes du cylindre et de la bande. L'index, sauf cette exception, marque le même nombre d'unités de poids, soit que le cylindre tourne lentement, soit qu'il tourne rapidement; c'est-à-dire que le frottement ne varie pas quelle que soit la vitesse avec laquelle la surface mobile se meut sur la surface fixe.

Les indications du peson donnent d'ailleurs la mesure du frottement égal à R, au poids indiqué qui est la valeur du frottement estimé au point N. Soit R = 7. Un poids additionnel de 7 livres, appliqué au crochet, doublera la pression et par suite quand on fera tourner le cylindre inférieur, l'index du grand dynamomètre marquera un résultat double de celui de la première expérience. On obtient ainsi la démonstration de la première loi, que le frottement est proportionnel à la pression.

La barre de bois est étroite à la partie supérieure et large à la partie inférieure; si elle est retournée, l'étendue des surfaces de contact changeant, la pression restant la même, on trouve que le frottement est le même. C'est la démonstration expérimentale de la seconde loi.

FROTTEMENT DES CORDES ENROULÉES. Quand une corde est enroulée autour d'un cylindre, par exemple comme fig. 22, avec des poids attachés à ses extrémités, le frottement de la corde sur sa surface croît avec une grande rapidité et peut être considéré comme indépendant en grandeur du diamètre du cylindre et dépendant seulement de celle de l'angle embrassé. C'est ce qui se reconnaît en rendant le cylindre fixe et en suspendant des poids inégaux aux extrémités pendantes de la corde. Si la corde est simplement passée sur la surface supérieure du cylindre fixe, est en contact avec la moitié supérieure de la circonférence, la tension produite sur la corde par les poids engendre un frottement en raison de cet enroulement. Si la différence des poids est plus grande que la résistance du frottement, le poids le plus lourd descend et fait monter le plus

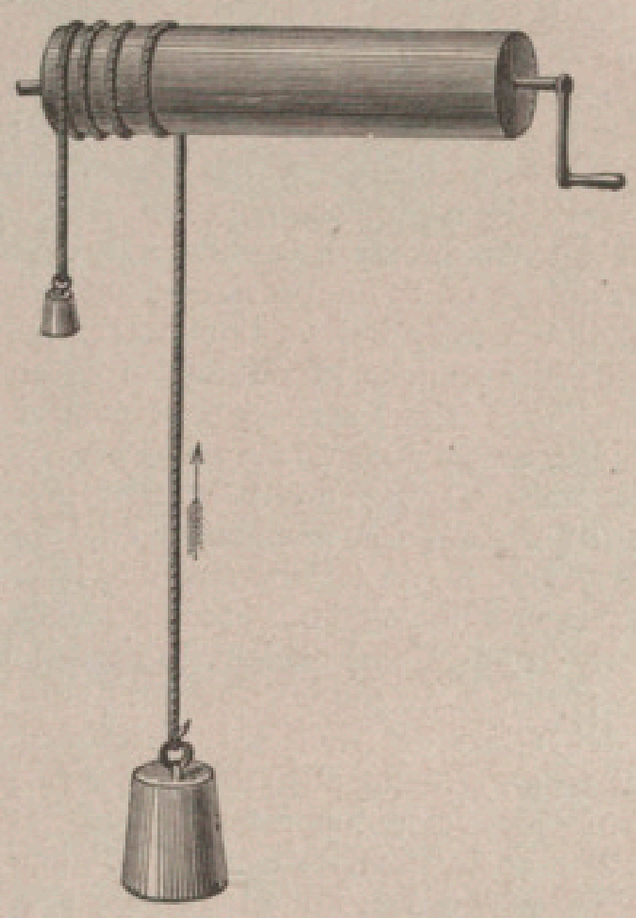


Fig. 22.

léger. Mais si elle est moindre que cette résistance, les poids restent en repos.

Prenant pour valeur moyenne du frottement un tiers de la pression qui l'engendre, on trouve qu'un poids placé à une extrémité supporte un poids trois fois plus grand placé à l'autre extrémité.

Si la corde fait un tour de plus autour du cylindre le petit poids peut faire équilibre à un poids vingt-sept fois plus grand, et chaque tour additionnel multiplie par neuf environ (en nombres ronds) et chaque demi-tour par trois le nombre antérieur. On obtient ainsi la série des multiples du plus petit poids donnant les valeurs du plus grand, en raison du nombre de tours.

TOURS.	POIDS SUPPORTÉ.
0,5	3
1	9
1,5	27
2	81
2,5	243
3	729
3,5	2187
4	6561

Quand le petit poids est légèrement soulevé à la main, la rigidité de la corde cessant sur le dernier demi-tour la détache du contact et la pression diminue sur les tours restants. Alors le grand poids peut commencer à descendre, mais une traction adroitement exercée à la main sur l'extrémité de la corde peut soit renouveler instantanément le contact, soit le diminuer de manière à gouverner la descente du grand poids ou à l'arrêter à la volonté de l'opérateur. C'est dans ce but que des poteaux cylindriques sont fichés en terre, sur les rives des rivières navigables, sur les quais et toutes les places de débarquement. Une des extrémités du câble étant attachée à tout vaisseau ou bateau approchant de la place où il doit s'arrêter, l'extrémité libre est envoyée à terre et en lui faisant faire deux ou

trois tours autour d'un de ces poteaux, un homme seul peut arrêter le navire pour le fixer dans l'endroit voulu (consommer la force vive dont il est animé en laissant filer le câble, ce qui est souvent nécessaire pour l'arrêter sans rompre le câble ; système formant un frein extrêmement puissant vu l'intensité du frottement). Dans cette opération, la force de l'homme représente le petit poids d'une extrémité des tours dans la fig. 22, et le vaisseau le grand poids.

Dans cet exemple, on a considéré le cas de cordes enroulées autour de cylindres fixes. Nous allons passer maintenant aux cylindres ou tambours montés sur un axe horizontal, comme on le voit dans la figure ci-dessus.

Les anciens avaient parfaitement compris la puissance d'adhérence d'une suite de tours de cordages, et il semble que c'est une des premières propriétés du frottement qui aient été introduites dans la pratique. Dans les tours, dès le treizième siècle, la pièce à travailler tourne au moyen d'une corde attachée en haut à un ressort, en bas à une pédale, la corde faisant plusieurs tours autour du corps à tourner. Dans le livre de croquis de Wilars de Honecort, l'enroulement d'une corde est employé dans diverses machines pour communiquer le mouvement de rotation.

Une autre application, également fort ancienne de ce système, est celle qui en a été faite pour tirer l'eau des puits profonds, ce qui a lieu en faisant faire trois ou quatre tours à la corde autour d'un long tambour cylindrique, d'une forme quelconque, et attachant un seau à chaque extrémité. En tournant le cylindre, un seau descend, rencontre l'eau et finalement y est plongé, pendant que l'autre, précédemment rempli, remonte vers la surface du sol où il est vidé par la personne qui tire de l'eau. Le tambour est ensuite tourné dans un sens inverse et les deux seaux changent de rôle.

Par suite des propriétés du frottement d'enroulement, le seau vide suffit pour maintenir les tours sur le tambour de manière à ce qu'ils résistent au poids du seau plein. La rotation du tambour forçant la corde à s'enrouler en spirale, de telle sorte que les tours des cordes se meuvent d'une extrémité du tambour à l'autre, le diamètre du puits doit être de suffisante dimension pour que ce mouvement ait lieu sans que les seaux viennent choquer alternativement les côtés du puits.

On peut voir cet arrangement employé pour élever ou descendre des matériaux dans la réparation des égouts et autres travaux.

Si le petit poids est supprimé et l'extrémité de la corde attachée au bâti; si la force appliquée au bras de la manivelle du cylindre tend à le faire tourner dans le sens des enroulements de la corde, cette force, estimée par son moment sur la surface du cylindre, doit être plus grande que la résistance de frottement des enroulements de la corde sur cette surface. Si elle tend à le faire tourner en sens contraire, dans la même direction que la tension du côté fixe, la roideur de la corde diminue la pression des enroulements et la réduit à une douce résistance qui prévient l'accélération à la descente.

Le cylindre est alors dans la condition d'une roue à rochet ayant un nombre infini de dents, permettant la rotation dans une direction et l'empêchant dans la direction opposée. Cette disposition est appliquée dans la pratique aux dévidoirs à l'aide desquels on enroule les cordes et les fils. Une poulie étant montée sur une extrémité du dévidoir, une corde attachée au bâti est passée deux ou trois fois autour de la poulie, et un petit poids est suspendu à son extrémité.

Ce principe est encore utilisé dans le métier du tisserand. La fig. 23 montre les deux rouleaux ou ensouples entre lesquels sont tendus les fils longitudinaux (la chaîne) qui, réunis par les fils de trame qui les traversent à angle droit, forment la toile.

A *a* est l'ensouple de la chaîne, B *b* celle de la toile. Le tisserand est placé en face de l'ensouple de la toile ; les fils isolés occupent environ les deux tiers de la distance entre les ensouples jusqu'à la ligne H *h*, où par le

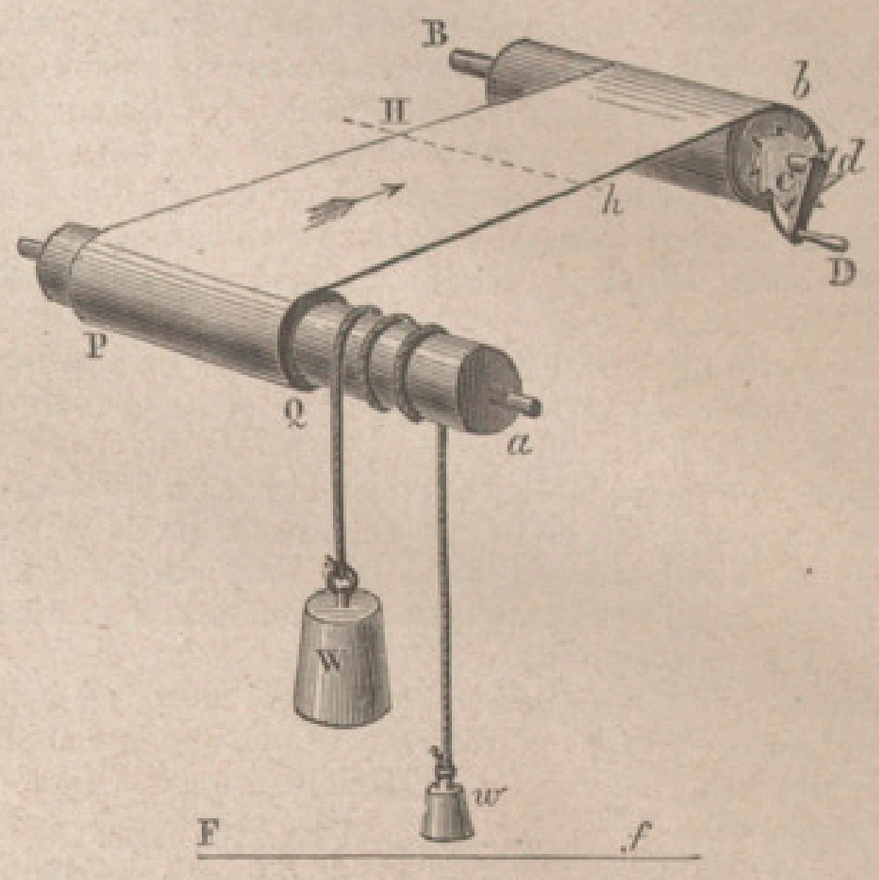


Fig. 23.

passage de la navette, portant le fil de trame, se produit la toile. Quand une petite longueur de toile a été faite par le tisserand, il l'enroule sur l'ensouple B *b*, qui est muni d'une manivelle D *d*, d'une roue à rochet C et d'un cliquet.

Quand on fait tourner la manivelle D, la toile et la chaîne sont déplacées dans la direction de la flèche, et le mouvement communiqué à l'ensouple A *a*. Le gros poids W est élevé et le petit *w* descend jusqu'à ce qu'il atteigne le plancher F *f*; alors la roideur de la corde *w a* agit pour desserrer les tours de la corde. Quand l'enroulement de la toile est arrêté, le grand poids W l'est aussi dans son mouvement d'ascension, et par un effet d'inertie descend d'un petit espace qui est suffisant pour rétablir la tension et enlever le poids *w* du plancher.

La tension des fils de la chaîne est égale à $\overline{W - w}.r$, *r* étant le rayon de l'ensouple.

Dans la combinaison représentée fig. 24, le cylindre est percé, ce qui lui permet de tourner librement autour d'un axe horizontal fixe, qui est porté par un montant vertical AB attaché à une base E. Ce montant supporte un bras saillant BD, et le cylindre est muni d'un index qui montre ses mouvements quand l'appareil est en action.

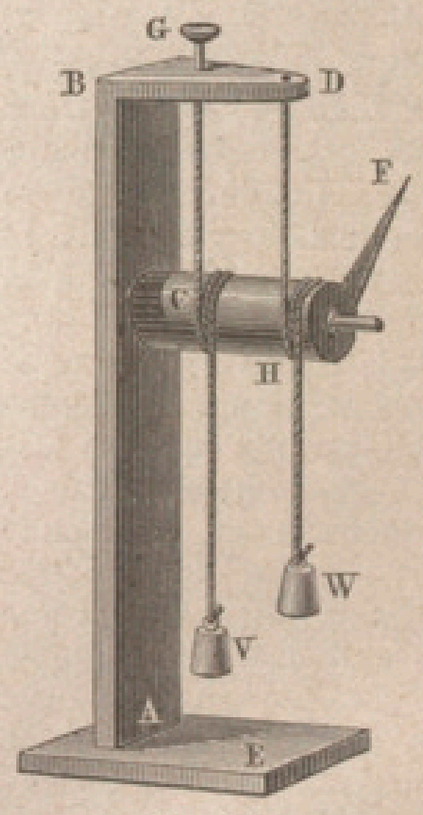


Fig. 24.

Une petite corde, fixée au bouton G, passe à travers un trou du bras, fait un ou deux tours autour du cylindre, puis porte à sa partie inférieure un poids V.

Une seconde corde passe à travers un trou D vers l'extrémité du bras, où elle est retenue par un nœud et, comme la précédente, porte un poids égal W, après avoir fait le même nombre de tours autour du cylindre.

Si maintenant on tire en haut le bouton G, les tours de sa corde embrassant le cylindre le font tourner autour de son axe.

On a déjà vu que la corde DW empêche le cylindre

de tourner dans un sens, et lui permet de tourner en sens contraire, pendant que le mouvement donné en levant le bouton G fait tourner le cylindre. Comme cette rotation est dans la première direction, quand le bouton est élevé, la corde DW limite le mouvement. Quand le bouton est abaissé, le poids V maintient la tension de la corde GV, le relâchement des tours en C leur permet de tourner autour de la surface du cylindre (maintenu par DH). On obtient ainsi une combinaison équivalente à la roue à rochet, dans laquelle les angles parcourus par le cylindre tournant sont quelconques.

Dans le cabestan de navire, l'axe est vertical, et une corde attachée au câble est enroulée deux ou trois fois autour de lui. Le cabestan est tourné de manière que la succession des tours héliçoïdaux s'avance vers le bas, et quand il arrive au bas de la machine, la rotation est arrêtée, et avec des leviers et des barres on force le groupe de tours à remonter. Pour faciliter cette opération, le cabestan est fait de forme conique, de petite section à la partie supérieure.

La nécessité d'interrompre l'opération pour déplacer les tours de la corde est évitée par un arrangement dont l'invention est due à sir Christophe Wren (1670), le grand architecte, par l'emploi de deux rouleaux portant des cordes enroulées obliquement.

Dans la fig. 25, les parties de la corde qui passent

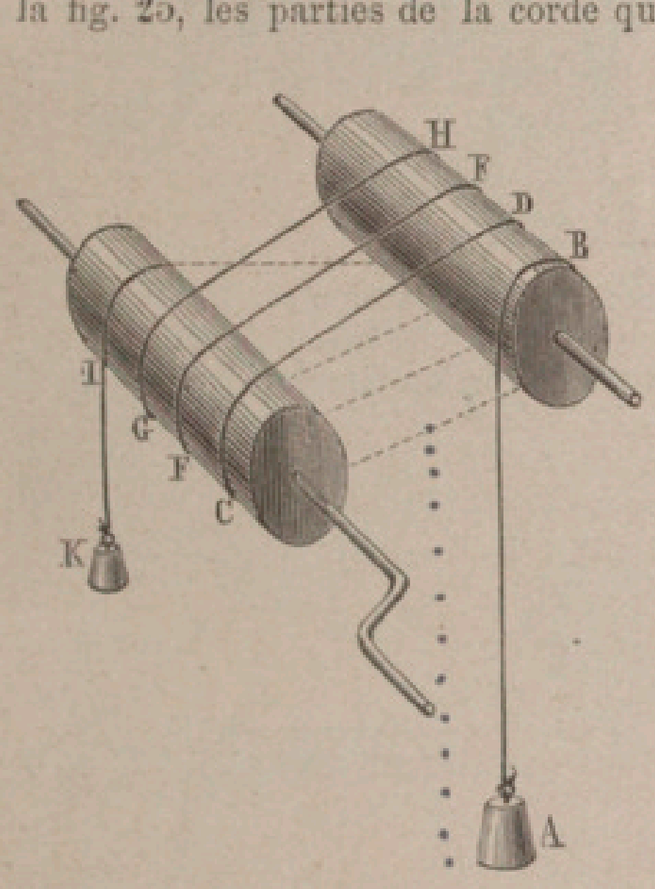


Fig. 25.

sur les rouleaux sont indiquées par des lignes noires, et celles qui passent dessous par des lignes ponctuées. A est la corde qui porte un poids qui doit être élevé et qui lui est attaché. La course de cette corde est sur le rouleau en arrière de A en B, sous les rouleaux suivant BC, sur les rouleaux suivant CD, et ainsi de suite pour les points E, F, G, dessus en GH, puis passant sous H, et finalement revient non dessous le rouleau, mais dessus en I. L'extrémité de la corde pend verticalement, et supporte un petit poids de grandeur suffisante pour que la corde soit en contact avec la surface du cylindre ou d'une entaille faite dans celui-ci.

Par l'heureuse combinaison de deux rouleaux cannelés (fig. 26), les deux extrémités de la corde, l'une qui porte le contre-poids et l'autre le fardeau à élever restent sur les mêmes verticales durant toute l'action de la machine, et la propriété de l'adhésion par frottement par des tours successifs est parfaitement efficace, bien que chaque tour s'appuye d'un côté de l'entaille demi-circulaire, et de l'autre côté sur l'entaille similaire opposée; on peut multiplier les tours et accumuler la résistance par frottement absolument comme si on employait plusieurs tours.

Par ce moyen, l'accroissement de diamètre du cylindre produit par l'accumulation des couches successives de

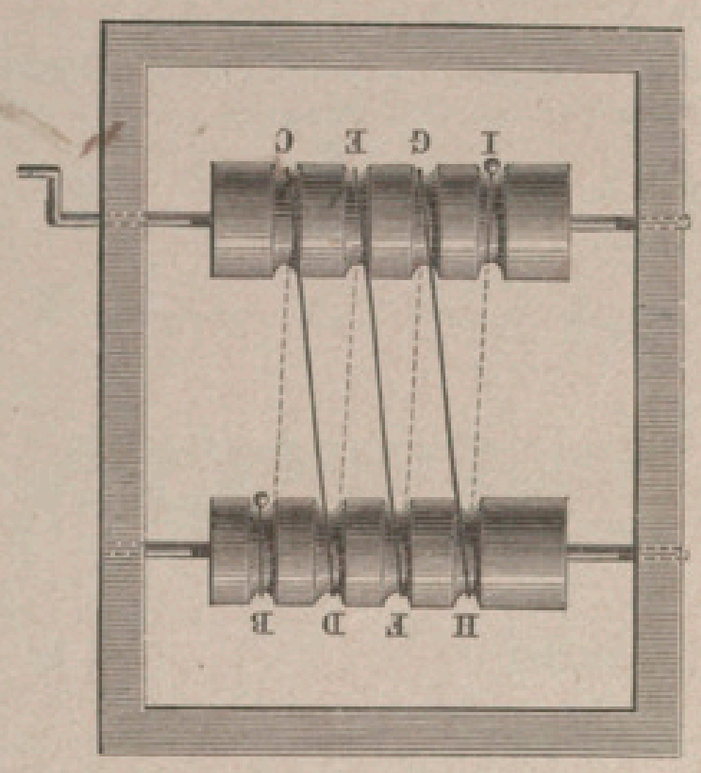


Fig. 26.

cordes enroulées, et le déplacement des cordes sont entièrement évités.

Wren a proposé cette disposition pour élever des fardeaux, mais si elle était employée pour produire le mouvement alternatif d'un équipage glissant horizontalement, les axes horizontaux des rouleaux à rainures devraient être portés par un bâti supportant les deux axes dans un plan horizontal, et placés en avant et transversalement à l'équipage mobile.

Les extrémités de la corde peuvent être ramenées en bas et leur direction passer à droite ou à gauche du plan vertical ou de la ligne centrale horizontale dans le plan milieu de l'équipage, en la faisant passer sur des poulies guides, auxquelles aussi elles peuvent être attachées.

En tournant la manivelle attachée à l'axe de l'un des rouleaux cannelés, le mouvement serait imprimé à l'équipage glissant. Cette manivelle devant être tournée alternativement à droite et à gauche, il y aurait lieu de disposer des embrayages convenables, pour obtenir le changement de sens du mouvement, tout en tournant constamment la manivelle dans le même sens.

CH. LABOULAYE.

RESSORT (*ang.* Spring, *all.* Feder). Les matériaux qu'on emploie pour la construction des machines sont tous plus ou moins élastiques; il ne peuvent donc résister aux forces extérieures qu'en subissant une certaine déformation qui, si les dimensions des pièces sont convenablement choisies, disparaît, lorsque les forces extérieures cessent d'agir. On cherche à rendre les pièces aussi rigides que possible. Au contraire, dans les ressorts, on utilise cette élasticité de la matière, soit pour amortir les chocs, soit pour produire un mouvement, soit enfin pour obtenir des appuis. Les ressorts doivent donc se composer de systèmes susceptibles d'éprouver, entre les limites d'élasticité, des variations de forme relativement considérables, et ces variations relèvent des lois de la résistance des matériaux.

Les résistances directes à la pression où à la traction ne peuvent être utilisées, pour les ressorts, qu'à l'aide de matières très-extensibles ou très-compressibles, comme le caoutchouc. Pour les matières moins déformables, comme le bois ou les métaux, on utilise surtout les résistances à la flexion et à la torsion, et cela en cherchant, en général, à les rendre proportionnelles au chemin parcouru.

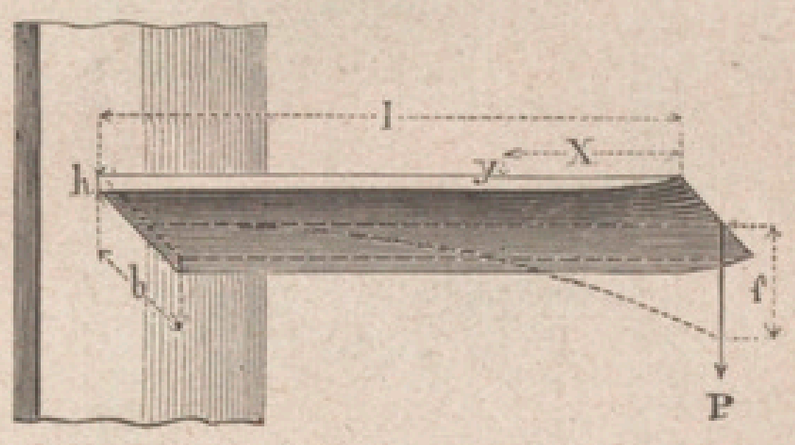
Nous reproduirons ici le tableau donné par Reuleaux des types les plus importants de ressorts, agissant par flexion ou par torsion, avec la formule qui donne leur résistance, dans laquelle F est la tension maximum,

RESSORT.

b la largeur, h l'épaisseur; les autres lettres ont la même signification que dans l'article **RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX.**

I. Ressort rectangulaire; section longitudinale limitée par une parabole cubique:

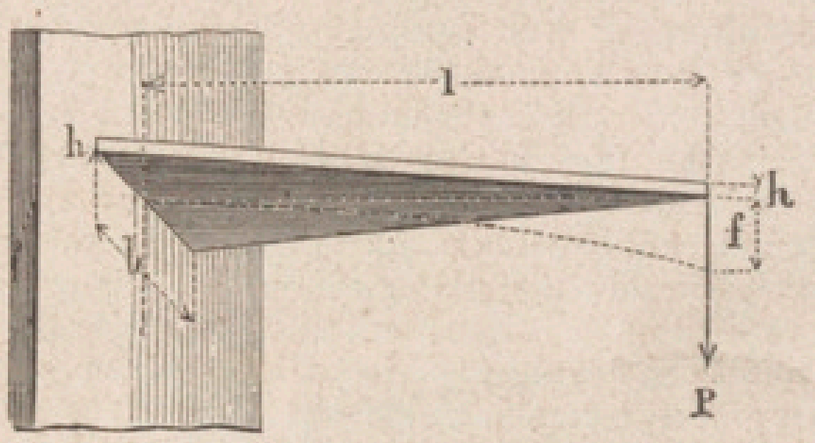
Résistance : $$Pl = \frac{F}{6} bh^2.$$



Dans l'exécution, on prend comme approximation un profil trapézoïdal, avec 2/3 h pour la hauteur à l'extrémité.

II. Ressort triangulaire simple:

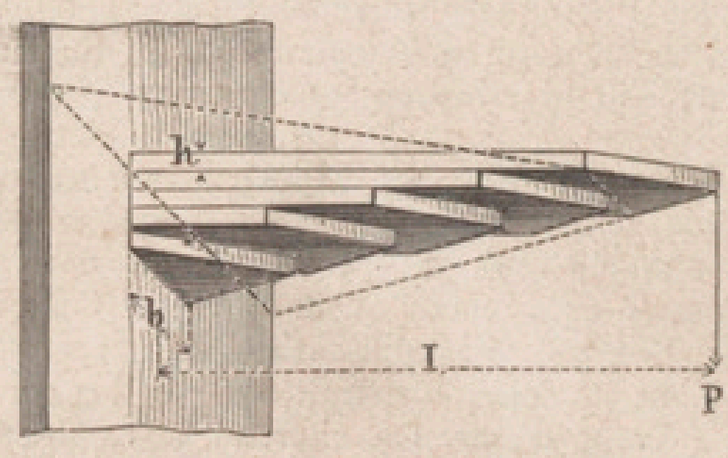
$$Pl = \frac{F}{6} bh^2,$$



Forme d'égale résistance à la flexion.

III. Ressort triangulaire à lames superposées:

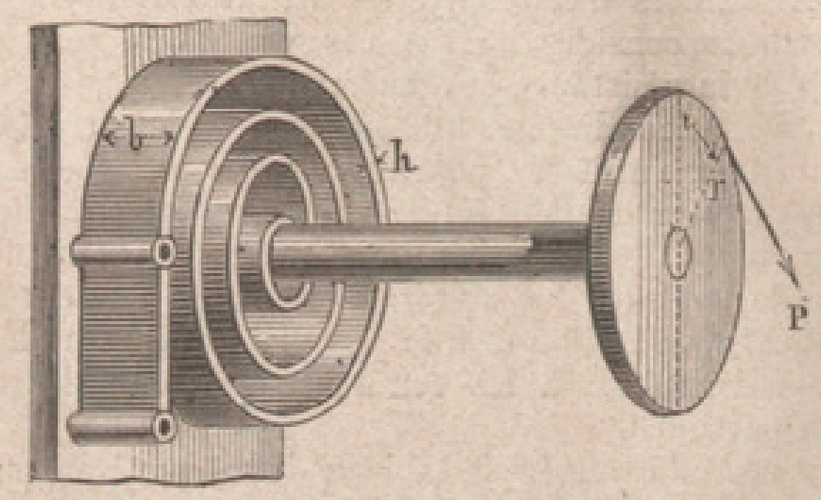
$$Pl = \frac{F}{6} ibh^2.$$



i le nombre des lames.

IV. Ressort spiral à section rectangulaire:

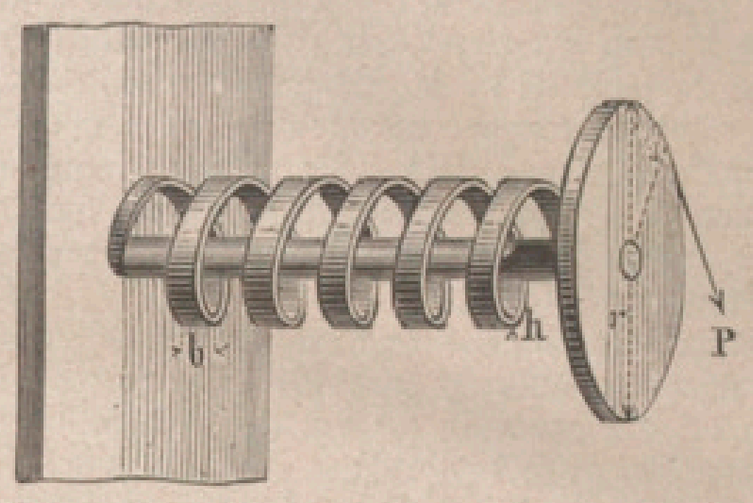
$$Pr = \frac{F}{6} bh^2.$$



Forme d'égale résistance à la flexion comme les deux suivantes.

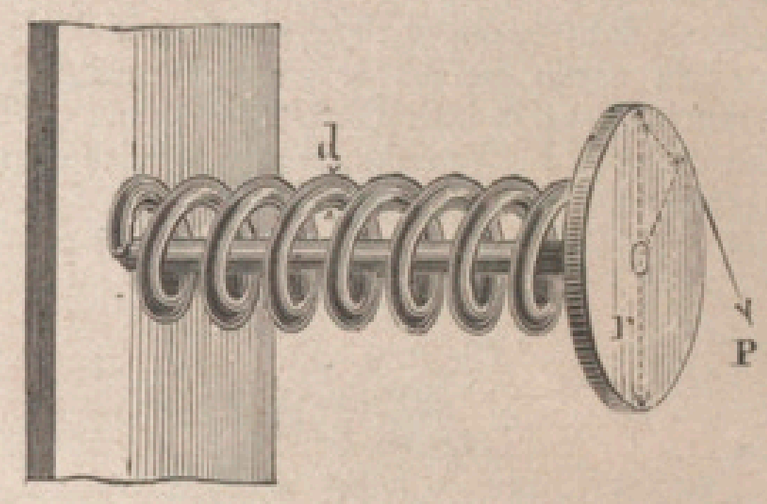
V. Ressort en hélice à section rectangulaire:

$$Pr = \frac{F}{6} bh^2.$$



VI. Ressort en hélice à section circulaire:

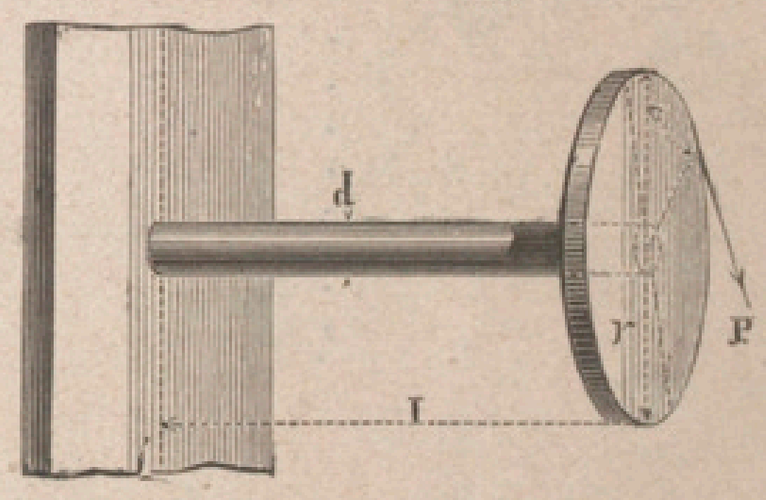
$$Pr = \frac{F}{32} \pi d^3.$$



d diamètre de la section

VII. Ressort de torsion simple: tige ronde:

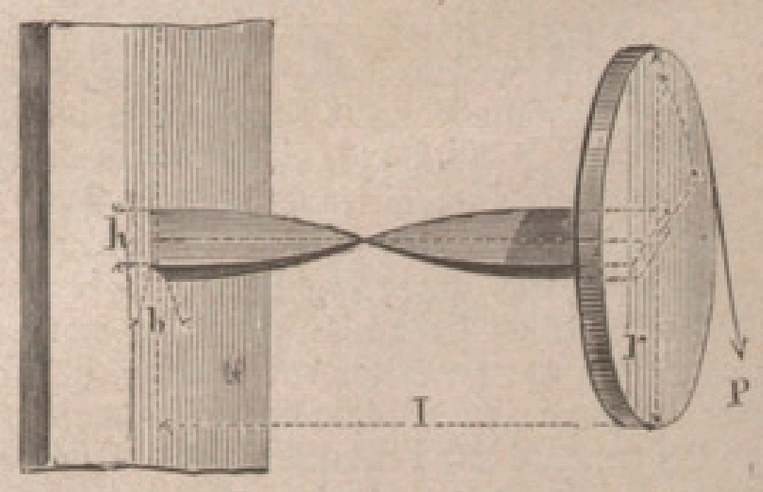
$$Pr = \frac{F}{16} \pi d^3.$$



Les formes VII à X sont des solides d'égale résistance à la torsion.

VIII. Ressort de torsion, tige plate:

$$Pr = \frac{F l^2 h^2}{3\sqrt{b^2 + h^2}}.$$

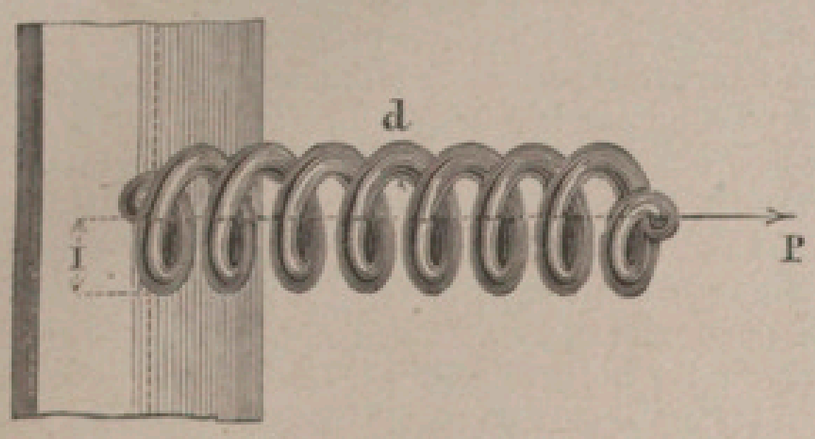


Approximativement on peut prendre ($h > b$)

$$\sqrt{b^2 + h^2} = 0{,}4\,b + 0{,}96\,h.$$

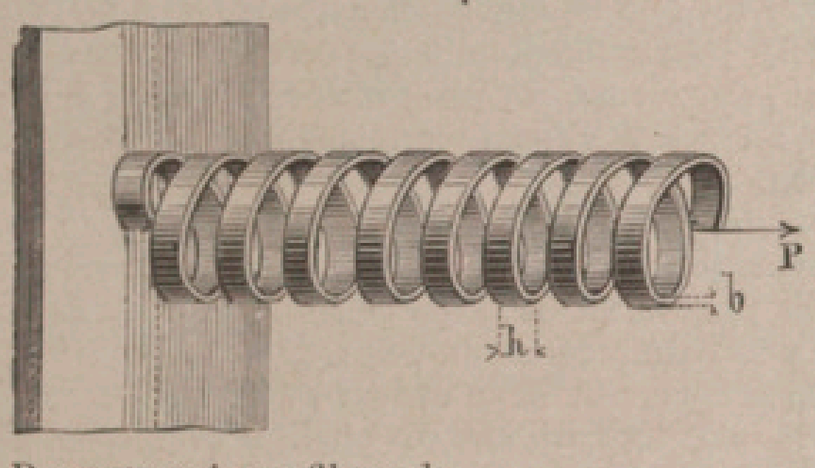
IX. Ressort en hélice à hélice à fil rond:

$$Pl = \frac{F}{46}\pi d^3.$$



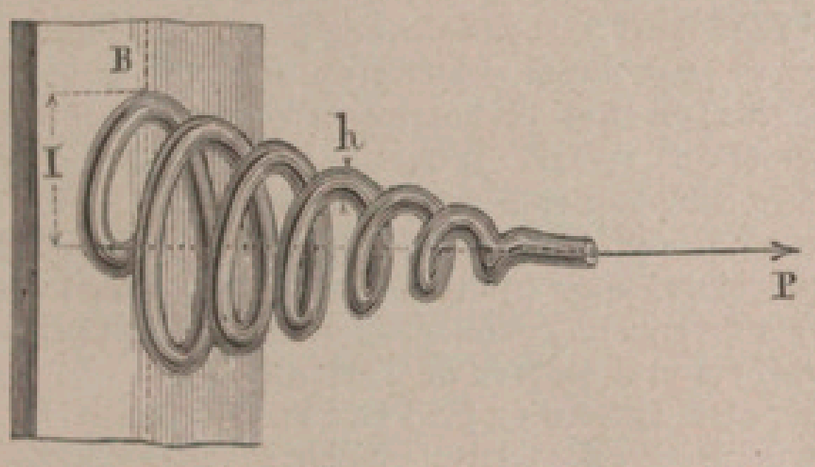
X. Ressort en hélice à lame plate:

$$Pl = \frac{F\,b^2h^2}{3\sqrt{b^2+h^2}}.$$



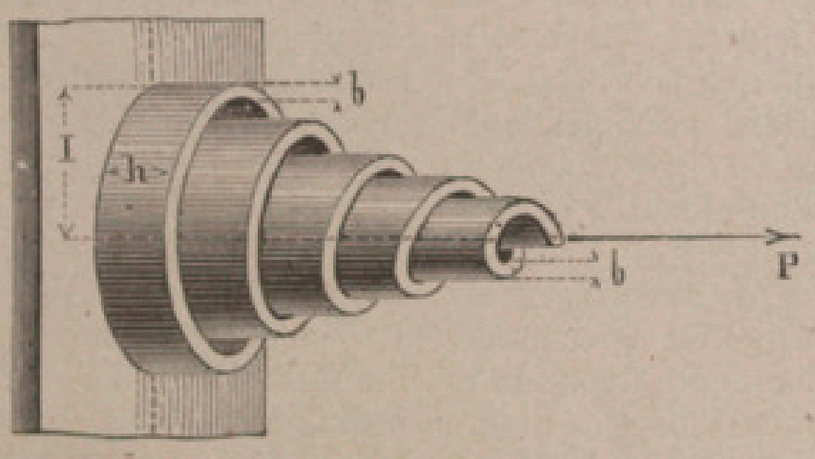
XI. Ressort conique, fil rond:

$$Pl = \frac{F}{46}\pi d^3.$$



XII. Ressort conique, lame plate:

$$Pl = \frac{F\,b^2h^2}{3\sqrt{b^2+h^2}}.$$



Si l'on réduit peu à peu la hauteur *h* de la section, à partir de la base B jusqu'à l'extrémité, on obtient un solide d'égale résistance.

Pour tous ces types de ressorts, la flexion ou le déplacement du point d'application de la force, est proportionnelle à la charge.

La disposition de la fig. XI redoublée est fort employée, à savoir: les ressorts dont les hélices, au lieu d'être cylindriques, se développent sur deux cônes opposés au sommet. L'avantage de ces ressorts est de parcourir un très-grand chemin, parce que, quand ils sont comprimés, les spires rentrent les uns dans les autres. La douceur de ces ressorts a permis de leur trouver de

nombreuses applications, surtout dans la fabrication des lampes et des meubles.

C'est surtout pour les voitures que les ressorts sont employés avec un avantage immense; outre la fatigue qu'ils évitent aux voyageurs d'être cahotés, ils facilitent considérablement le tirage du cheval en diminuant son travail.

Les ressorts *courbes* sont peu employés aujourd'hui pour les voitures; on adopte presque toujours maintenant les ressorts à *pincettes* ou elliptiques, qui sont plus légers et plus doux. Les lames superposées glissent dans des entailles autour de tiges à tête qui les réunissent, de manière à n'agir qu'à mesure que la caisse de la voiture descend, disposition qui offre de grands avantages de solidité. (Voy. SERRURIER-CHARRON.)

RHODIUM, métal découvert en 1803 par Wollaston dans les minerais de platine. Sa rareté a empêché jusqu'ici de l'employer dans les arts.

RHUM, liqueur alcoolique que l'on obtient de la distillation des mélasses fermentées.

RICIN, plante oléagineuse, de la graine de laquelle on extrait une huile employée en médecine comme purgatif énergique. Celle extraite par pression à froid est infiniment préférable à celle qui a été plus ou moins altérée par l'action de la chaleur.

RIDAGES MÉTALLIQUES. Les caps de mouton à cordes, formés de deux poulies traversées par trois cordes qui les maintiennent à l'écartement convenable, n'ont jamais donné une satisfaction complète pour les bâtiments de guerre; malgré tous les soins apportés à faire concorder le mieux possible les positions des sabords des gaillards et celles des chaînes de haubans, il s'en trouve toujours quelques-unes trop rapprochées, et leurs rides sont exposées à être brûlées par l'explosion des bouches à feu; en outre, l'opération du ridage est assez pénible et ne peut guère être exécutée à la mer, à moins que ce ne soit par un temps tout à fait calme. Pour ces différents motifs on a cherché à substituer aux caps de mouton ordinaires des appareils mécaniques d'une plus grande puissance et d'un encombrement moindre. Le premier système de ce genre, dont il ait été fait usage, est celui dit à *crémaillères*, imaginé

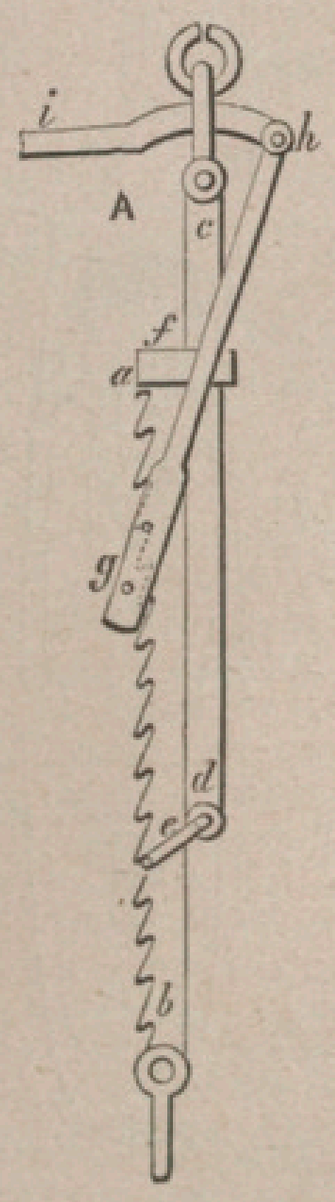


Fig. 1.

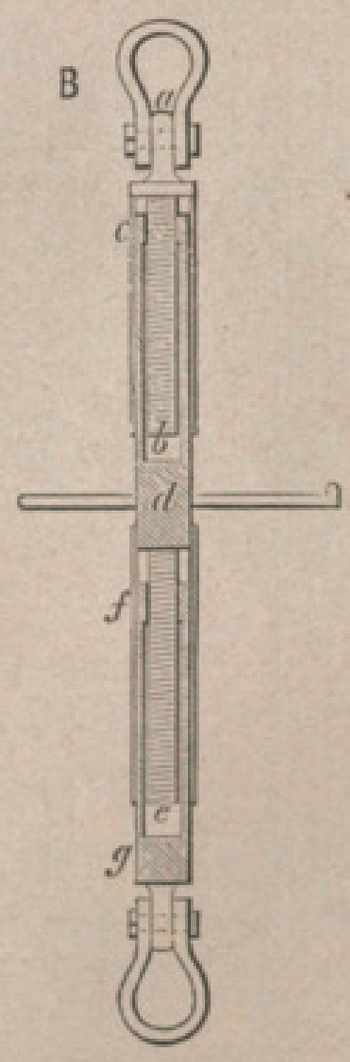


Fig. 2.

par M. Peuchaud: il se compose de deux tringles en fer, *ab*, *cd* (fig. 1) susceptibles de glisser l'une contre l'autre; la première, taillée en forme de crémaillère, est fixée sur la chaîne de hauban, la deuxième est attachée à l'extrémité du hauban; cette dernière présente à son extrémité inférieure un étrier *de*, que l'on peut engager à volonté dans les différents crans de la crémaillère. Pour opérer le ridage on se sert d'un levier *ih*, articulé sur deux tringles parallèles *gh*, réunies par un tourillon *g*, que l'on engage dans un cran de la crémaillère; le levier *ih* étant introduit dans la manille supérieure, on agit sur son extrémité libre à l'aide d'un palan, et lorsque le hauban a reçu la tension convenable, on rend la longueur de la crémaillère invariable en engageant l'étrier *de* dans le cran devant lequel il se présente.

Un autre appareil de ridage, connu sous le nom de *système de Brest*, est composé d'une vis de pas assez fin *ab* (fig. 2), reliée avec le hauban par l'intermédiaire d'une manille à cosse, et pénétrant dans un écrou taraudé à l'extrémité supérieure d'un tube *cd*, dont l'extrémité inférieure est prolongée par une vis *de* de même pas et de même longueur que la première; cette vis pénètre à son tour dans un écrou pratiqué à l'extrémité supérieure d'un canon *fg*, relié par sa base *g* avec la chaîne de hauban; des tubes en tôle mince enveloppent complétement les vis lorsqu'elles sont hors de leurs écrous, et les garantissent de l'oxydation, en même temps qu'elles préservent de leur contact les ralingues des voiles et les manœuvres courantes qui pourraient y être raguées. On ride en agissant sur un levier engagé dans le noyau central *d*. Cet appareil est d'une grande puissance; un seul homme suffit pour le faire fonctionner, et le ridage peut être effectué aussi facilement à la mer que dans le port.

On a également employé un autre système de ridages à vis, imaginé par M. Huau, mécanicien à Brest; il se compose d'une seule vis d'un pas assez gros, *a b* (fig. 3), dont les filets ont été enlevés de chaque côté

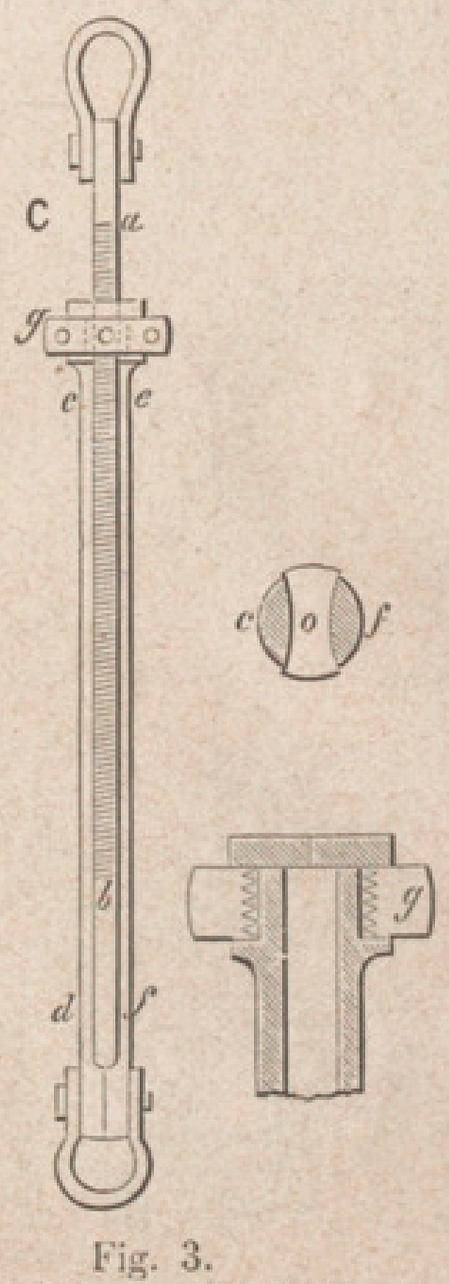


Fig. 3.

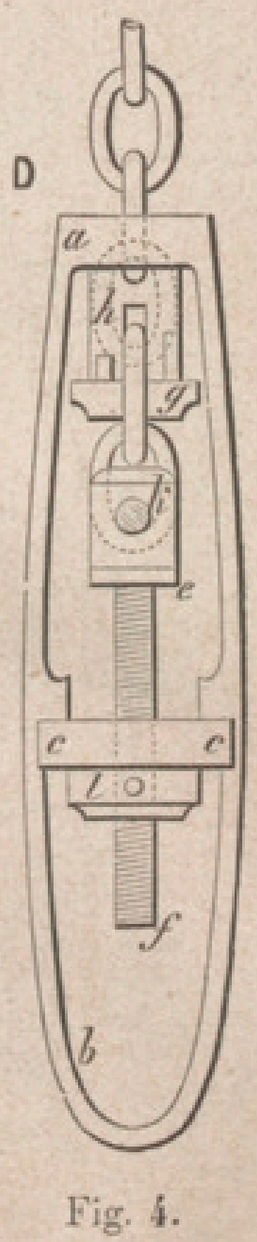


Fig. 4.

sur le quart de sa circonférence; cette vis est enchâssée entre deux lattes *cd*, *ef*, fixées à l'extrémité supérieure à la chaîne de hauban; un écrou en deux pièces *g*, maintenu entre deux épaulements, réservés au sommet de ces lattes, s'ajuste sur la portion conservée du taraudage de la vis. On opère le ridage en agissant sur l'écrou au moyen d'un levier engagé dans des ouvertures peu profondes pratiquées sur son pourtour. Toutes les parties de l'appareil restent à découvert; on les préserve de l'oxydation par le zincage.

La figure 4 représente encore un système de ridage, imaginé au port de Rochefort par M. Charriot, ingénieur de la marine; le hauban est estropé sur un bout de chaîne ordinaire sans étais, qui vient traverser une espèce de lunette *a*, formant l'extrémité supérieure d'une chappe en fer *ab*, articulée sur la chaîne de hauban. Pour rider on se sert d'une vis mobile *ef*, ajustée à l'aide d'une goupille *k*, sur le dernier maillon de la chaîne, et dont l'écrou *l* vient butter sur une entretoise *cc*, placée entre les branches de la chappe. Lorsque le hauban est rendu au point de tension convenable, on assujettit le premier maillon de la chaîne à l'aide d'une clavette *g*, qui porte contre une douille *h*, percée de clans de différentes profondeurs, et qui présente toujours à la clavette un point d'appui corespondant à la position du maillon.

Les ridages métalliques, que nous venons de passer en revue, sont moins encombrants que les caps de mouton; ils permettent de disposer les haubans d'une manière plus avantageuse au point de vue de l'artillerie, leur manœuvre est facile et leur puissance est considérable; aussi, dès l'origine, ces qualités avantageuses les firent-ils adopter avec empressement par les marins. Cependant, à l'usage, on n'a pas tardé à reconnaître qu'ils étaient sujets à de graves défauts: en premier lieu la facilité extrême avec laquelle on peut les manœuvrer et qui paraît si séduisante, peut occasionner des désordres importants si l'on n'en fait pas usage avec précaution; en effet, les hommes n'ayant pas conscience de l'effort qu'ils exercent sur les haubans sont susceptibles de leur donner des tensions exagérées qui transmettent à l'emplanture du mât une pression énorme, et aux préceintes une traction considérable qui, l'une et l'autre, provoquent la déliaison du navire; on peut objecter, il est vrai qu'avec de l'attention, on éviterait ce danger, mais l'attention peut être en défaut; il n'est pas facile, d'ailleurs, de bien apprécier la tension des haubans, et les faits ont démontré que plusieurs navires avaient été fortement déliés par suite de ridages exagérés, quoiqu'ils eussent été commandés par des officiers expérimentés et attentifs. On reproche également aux ridages métalliques le travail considérable qu'ils exigent, leur prix élevé, et la difficultés ou plutôt l'impossibilité que l'on éprouve à les réparer à bord en cas d'avaries; enfin, pendant le combat, on leur reproche encore de former, sous les projectiles de l'ennemi, des éclats de mitraille aussi redoutables que les projectiles eux-mêmes.

D'après ces considérations qui ne s'appliquent pas aux navires en fer de commerce, les ridages métalliques ont été abandonnés pour la marine militaire, et l'on en est revenu aux caps de mouton ordinaires. Il faut observer d'ailleurs que pour les bâtiments à hélice, qui composent actuellement toute la flotte à vapeur, les conditions ne sont plus les mêmes que pour les navires à voiles; leur longueur étant beaucoup plus considérable et les sabords plus espacés, il est facile de placer les haubans de manière à ce que les caps de moutons ou les chaînes ne nuisent en rien au pointage oblique des bouches à feu. Les caps de mouton employés actuellement sont estropés d'une latte en fer plat avec oreilles, et articulés sur une manille qui termine la chaîne; souvent on substitue à celle-ci une simple *latte* dont une extrémité repose sur le porte-hauban, et dont l'extrémité opposée est chevillée directement sur la muraille.

RIGOLES HORIZONTALES.

RIGOLES HORIZONTALES. Le célèbre ingénieur des ponts et chaussées, Polonceau, qui avait longtemps réfléchi sur l'emploi des eaux en agriculture, publia, en 1846, un petit volume, aujourd'hui introuvable, ayant pour titre : *Des Eaux relativement à l'Agriculture*, dans lequel il a admirablement démontré tous les résultats qu'on pourrait obtenir par la multiplication sur tous les terrains en pente, de rigoles transversales établies en terre et à très-peu de frais. Nous reproduisons ici les passages les plus intéressants de cette œuvre magistrale.

« Une erreur très-répandue consiste à croire que, pour faire des irrigations, il faut avoir des terrains situés près des cours d'eau, et pouvoir y faire des dérivations, tandis que l'on peut facilement procurer une grande partie de leurs avantages à une multitude de terrains éloignés des courants permanents. Ce moyen (qui est si simple que l'on peut s'étonner que l'on se soit aussi peu occupé d'en faire usage) est l'emploi des eaux pluviales.

« Ces eaux, recueillies soit dans les parties basses des plateaux, soit sur les pentes des coteaux ou à leurs pieds, au moyen de larges rigoles horizontales établies à différentes hauteurs, sont plus fertilisantes que les eaux de source et que l'eau de pluie absorbée directement, parce que lorsqu'elles coulent sur des terrains élevés pour descendre dans les plaines, comme il arrive lors des pluies abondantes ou durables, elles recueillent en passant des limons fins, des engrais et des mucilages; elles en déposent quelquefois sur les terrains inférieurs des plaines, quand elles s'y arrêtent, mais la majeure partie de ces éléments de fertilisation est entraînée en peu de temps, et en pure perte, dans les ruisseaux et les rivières, qui les conduisent à la mer.

« La moyenne du volume d'eau qui tombe annuellement sur un hectare est de plus de 4,000 mètres cubes, ou 4 millions de litres, dont une partie seulement pénètre le sol. La quantité de la pénétration dépend de l'inclinaison et du degré de perméabilité des terres. Sur les terrains bas et en faible pente, il y a surabondance nuisible; sur les terrains en pentes prononcées, la majeure partie du volume s'écoule rapidement, et, en passant, ces eaux dépouillent le sol de ses engrais et souvent le ravinent.

« En arrêtant à leur passage les eaux qui descendent des plateaux et celles qui coulent sur les pentes, en les dérivant et en les recueillant dans des rigoles horizontales, larges et profondes, on obtiendrait de grands avantages par l'entretien prolongé de l'humidité, et par les dépôts de limons et de vases qui se formeraient au fond des rigoles et qui procureraient d'excellents engrais.

« On peut rarement faire avec les eaux pluviales des irrigations régulières, par superficie, comme on le fait avec les eaux des courants permanents, à moins qu'on ne les réunisse dans des réservoirs, mais on peut toujours les employer à faire des irrigations par infiltration, qui sont aussi très-utiles, et qui sont les seules applicables aux terrains cultivés à la charrue et aux pentes fortes.

Non-seulement cette application augmenterait la fertilité d'un grand nombre de terrains en culture ou boisés, mais encore elle préviendrait les ravinements et l'amaigrissement que produit leur lavage par les pluies abondantes, et diminuerait efficacement les débordements des ruisseaux et des rivières. (Voy. INONDATIONS, ci-après.)

« Cette application généralisée serait donc éminemment favorable aux terrains des plaines, en les préservant des inondations, et aux usines en régularisant les cours des ruisseaux et des rivières, car alors, d'un côté, elles auraient de moins fortes crues, et de l'autre elles diminueraient beaucoup moins de volume pendant les sécheresses, parce qu'elles recevraient lentement, par infiltration, les eaux retenues par la multitude de petits réservoirs que formeraient les rigoles horizontales étagées sur les pentes.

« Il résulte évidemment des explications qui précèdent, que l'emploi des eaux pluviales au moyen de rigoles d'infiltration est dans les meilleures conditions d'intérêt général, puisqu'il préviendrait beaucoup de dommages, qu'il produirait de nombreux avantages, et qu'enfin il serait aussi profitable pour les usines hydrauliques que pour l'accroissement des produits de la culture et de ceux des bois et des pâturages. »

Nous citerons un exemple remarquable d'irrigation par infiltration avec des eaux de ravin, sur un terrain en friche, exécutée par M. Hauducœur, près d'Orsay (Seine-et-Oise).

« Il avait acheté un terrain de six hectares en pente très-rapide et en friche, qui ne donnait qu'un très-maigre pâturage. On ne le labourait pas parce qu'il était très-graveleux; on n'y mettait pas de fumier parce que le terrain était considéré comme trop mauvais, et qu'à cause de la rapidité de la pente, les eaux pluviales entraînaient trop facilement les engrais.

« Ce terrain, qui est représenté dans la figure 1, est bombé dans le milieu ; il a la forme d'une portion de

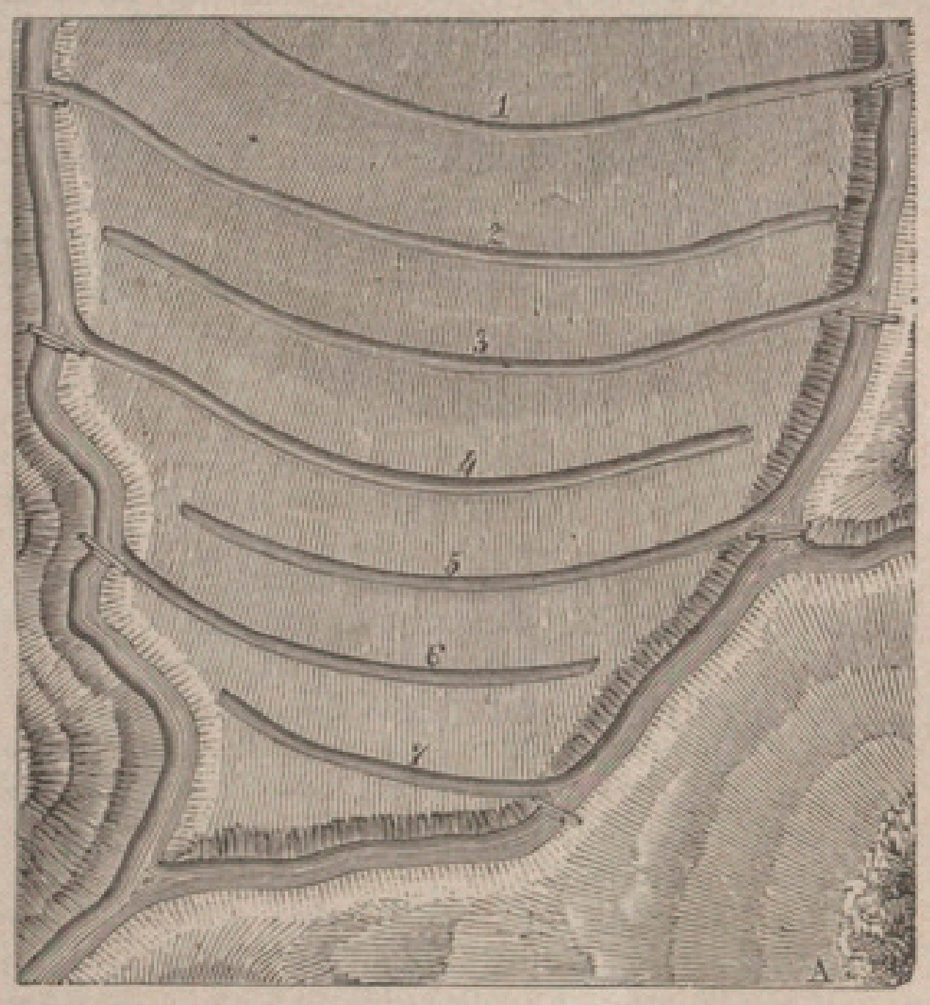


Fig. 1.

cône tronqué ; il est bordé à droite et à gauche par deux ravins à fortes pentes. Ces ravins sont formés par l'écoulement des eaux pluviales qui descendent d'un vaste plateau en culture, situé au-dessus de ce terrain, que l'on nomme *la pente;* les eaux, y arrivant en abondance et avec une grande vitesse à la suite des pluies, corrodaient fortement leurs rives, et elles n'étaient que nuisibles : M. Hauducœur a arrêté à peu de frais les dégradations que causaient ces ravins et les a rendus utiles et fertilisants.

« Il a partagé le lit de ces ravins en plusieurs sections à peu près égales entre elles; à l'origine de chacune de ces sections, il a formé un barrage de deux ou trois rangs seulement de grosses pierres brutes; au pied de chacun de ces barrages, il a mis quelques grosses pierres pour former enrochement, rompre la chute et empêcher les affouillements. Sur le bord de chacun des petits bassins formés par les retenues du ravin de droite, il a fait sur son terrain une tranchée plus basse que le dessus du petit barrage de la retenue, et à la suite de cette tranchée, il a ouvert une large rigole en

pente très-douce et traversant horizontalement tout son terrain, jusqu'auprès du ravin gauche.

« Il a établi ainsi les quatre rigoles, nos 1, 3, 5 et 7, dérivées du ravin de droite, et trois rigoles semblables, nos 2, 4 et 6, dérivées du ravin de gauche. Lors des crues, les eaux qui arrivent aux premières retenues entrent naturellement du premier bassin du ravin de droite dans la rigole n° 1, et du premier bassin du ravin de gauche dans la rigole n° 2; lorsque ces premières rigoles sont pleines, les eaux, passant par dessus les deux premiers barrages arrivent aux deux seconds et remplissent les rigoles nos 3 et 4, et ainsi de suite.

« Lorsqu'il arrive qu'un des ravins donne beaucoup plus d'eau que l'autre, on fait descendre le trop-plein des rigoles qui en dérivent dans celles qui appartiennent à l'autre ravin par de petites rigoles de communication des extrémités des unes aux têtes des autres, et elles sont encore, même dans ce cas, toutes également remplies.

« Par ce moyen, ce terrain, bien pénétré par infiltration, est devenu très-productif; de plus, les limons et les engrais entraînés du plateau supérieur par les eaux pluviales et qui jadis se perdaient, se déposent dans les rigoles, donnent un très-bon, engrais que l'on répand sans transports, en les jetant à la pelle sur les zones intermédiaires, entre les rigoles, dont cette opération fait le curage, pour faire place à de nouveaux dépôts.

« Depuis ces travaux, ce terrain, sur lequel on s'est borné à semer de la graine de foin, est devenu une excellente prairie, qui, sans être fumée, donne d'abondantes récoltes de très-bon foin. Quand on n'a pas besoin d'eau, on bouche les entrées des rigoles avec des gazons. Quand il y a surabondance d'eau et que la saison est favorable, au moyen de petites saignées faites sur le bord des rigoles, qui sont de niveau, on opère des déversements partiels sur les parties des zones intermédiaires entre les rigoles, et on réunit ainsi en même temps, à volonté, l'effet du déversement et de l'infiltration.

« *Observation sur l'utilité dont serait l'application générale de ce système.* Cet exemple est d'autant plus intéressant qu'il y a immensément de terrains stériles dans des situations analogues, où l'on peut facilement opérer la même transformation sans avoir de cours d'eau constants disponibles pour l'irrigation; car, dans le cas précédent, on n'a fait usage que des eaux pluviales et accidentelles. »

Tous les terrains en pentes fortes, situés sur les déclivités des coteaux qui bordent les plateaux et qui forment les flancs des montagnes, soit qu'ils se trouvent en friches, en pâtures, en champ, ou en bois, peuvent, ainsi que le dit le maître, être fort améliorés par cet ingénieux procédé, parce que presque toujours ces sortes de terrains arides, où l'eau ne peut pas s'arrêter et qu'elle pénètre difficilement, sont dominés par des plateaux plus ou moins accidentés qui reçoivent d'abondantes eaux pluviales, lesquelles descendent ordinairement avec rapidité et presque toujours en dégradant les fonds inférieurs; il est, en général, facile de les dériver par des rigoles spéciales établies aux endroits où ces eaux affluent à différentes hauteurs de leur passage pour les réunir dans des réservoirs, ou dans de larges rigoles à faible pente pour les y laisser pénétrer lentement par filtration. Sur les 8 millions d'hectares de terres incultes de la France, la moitié peut-être pourrait être fertilisée par ce procédé.

Ajoutons que même sans l'emploi d'eaux pluviales extérieures, un terrain à pentes abruptes gagne beaucoup en fertilité lorsque de nombreuses rigoles horizontales assurent l'entière utilisation des eaux qui tombent à sa surface.

INONDATIONS. Nous ne donnerions qu'une idée imparfaite de l'importance de la multiplication à l'infini

RIGOLES HORIZONTALES.

des rigoles horizontales et des réservoirs propres à emmagasiner les eaux pluviales, si nous n'ajoutions que Polonceau a démontré qu'outre les grands services qu'ils rendraient à l'agriculture, ils porteraient remède aux inondations, permettraient d'éviter les désastres que causent périodiquement nos grands cours d'eau. Nous empruntons ce qui suit à sa *Note sur les débordements des fleuves et des rivières* (1847), où il développe, à ce point de vue, sa conception primitive.

« Pour empêcher les affluents des fleuves et des rivières de déverser subitement et simultanément dans les grands bassins la totalité des eaux qu'ils reçoivent abruptement des coteaux et des pentes rapides qui bordent les gorges et les vallons dans lesquels ils sont situés, il y a trois moyens que l'on peut employer séparément et partiellement; mais, le plus souvent, il conviendra de les employer tous les trois simultanément.

« *Premier moyen.* Le premier s'applique à tous les terrains en pentes prononcées qui dominent et bordent les gorges, les vallons des montagnes et les parties supérieures des vallées; il consiste à creuser sur toutes les pentes des rigoles horizontales larges et profondes, fermées à leurs extrémités, pour recevoir et retenir les eaux pluviales à leurs points de départ et les empêcher de descendre rapidement sur ces pentes, comme elles le font dans l'état naturel. Les eaux retenues dans ces rigoles, qui formeront des séries de petits réservoirs étagés les uns au-dessus des autres, ne pourront descendre aux vallons que très-lentement, après s'être infiltrées dans le sol; elles n'arriveront donc aux grandes vallées que fort longtemps après les chutes des pluies. Les rigoles pourront avoir généralement un mètre de largeur moyenne sur un demi-mètre de profondeur, et contiendront par conséquent un demi-mètre cube par mètre courant.

« Ces rigoles étant très-multipliées, les volumes d'eau qu'elles arrêteront dans chaque vallon seront déjà considérables, mais elles rempliront encore d'autres buts d'utilité : le premier, c'est que même lorsqu'elles seront remplies, formant des gradins sur les pentes, elles feront diminuer la vitesse de descente des eaux qui excéderont leurs capacités, parce que cette vitesse sera rompue au passage de chaque gradin de niveau que les rigoles formeront, comme par les marches d'un grand escalier.

« Le second but d'utilité, c'est qu'en réduisant de beaucoup la vitesse d'écoulement des eaux pluviales, ces rigoles les empêcheront de délaver, d'amaigrir et de raviner les terrains en pentes; et que, de plus, elles maintiendront sur ces terrains, par l'infiltration lente de leurs eaux, une humidité d'autant plus salutaire qu'ils sont généralement plus arides.

« L'exécution de ces rigoles ne consiste qu'en terrassements simples et faciles à exécuter, sans exiger jamais aucun travail d'art, parce que quand, en les creusant, on rencontrera un ruisseau, un ravin, un chemin ou une arête de rocher, on se bornera à les interrompre pour les reprendre du côté opposé.

« Ces rigoles peuvent être établies sur tous les terrains, quelle que soit la nature de leur culture, même quand ils sont en labours (qui généralement sur les terrains en pente se font par raies horizontales), parce que les rigoles d'infiltration empêchent les eaux d'entraîner les terres mobilisées par la charrue, et qu'elles sont le seul moyen d'irrigation qui leur soit applicable. De même pour les bois, il est prouvé par les expériences nombreuses de M. Chevandier dans les forêts des Vosges, que les bois qui reçoivent les eaux d'infiltration par des rigoles horizontales ont une croissance plus rapide et donnent beaucoup plus de produits.

« Enfin, l'établissement de rigoles horizontales d'infiltration est le travail préalable nécessaire de tout re-

boisement sur des terrains en pente, et tout à fait indispensable pour leur succès.

« *Second moyen.* Le second moyen, qui est applicable spécialement aux fonds des gorges et des petits vallons des terrains montueux, consiste à y établir, au moyen de barrages en travers (voy. BARRAGES), placés à leurs étranglements, des réservoirs soit permanents, comme de petits étangs, soit plutôt et la plupart du temps simplement temporaires, pour recevoir et retenir les eaux qui n'auront pas été arrêtées par les rigoles horizontales de leurs versants.

« Dans le premier cas, ces réservoirs devront avoir dans leurs barrages des pertuis, destinés à évacuer progressivement la majeure partie et au moins les deux tiers des eaux retenues, pour faire place aux eaux des pluies nouvelles.

« Dans le second cas, les réservoirs temporaires auront des vannes de fond, que l'on ouvrira quelques jours après les crues pour évacuer totalement leurs eaux, afin de faire place à de nouveaux volumes en cas de pluies nouvelles; alors les fonds de ces réservoirs, entièrement en prairies, seront dans le même cas que les prés submersibles qui bordent les rivières et qui ont, comme on le sait, plus de valeur que les autres. Les eaux qui seront retenues dans ces réservoirs lors des pluies de l'automne, de l'hiver et du printemps, seront très-favorables aux prairies qui en formeront le fond comme irrigations par submersion, puis par les limons, les engrais et les mucilages qu'elles y déposeront. Quant aux pluies qui auront lieu pendant la croissance des herbes et pendant les récoltes, comme elles ne font presque jamais déborder les rivières, on laissera couler leurs eaux librement par les ouvertures des vannes, en sorte qu'il n'y aura jamais dommage, mais un accroissement certain des récoltes et de la valeur foncière.

« Il en résulte que les prés sur lesquels seront établis des réservoirs, étant aussi et même plus productifs qu'ils ne l'étaient auparavant, il n'y aura aucune perte de valeur, et par conséquent pas d'indemnité à donner.

« La seule dépense qu'ils exigent est celle de leurs barrages, dont les hauteurs seront moyennement de 5 à 6 mètres; mais ils peuvent se faire simplement en terre gazonnée, avec un conroi central dans la partie inférieure en sable gras ou en béton, ou un rang de palplanches jointives pour arrêter les filtrations.

« Ces réservoirs pourront servir à des irrigations par déversement, dans les parties inférieures des vallons, en dérivant à mi-côte par des canaux les eaux qui y seront retenues, au lieu de les évacuer simplement par la vanne du fond; en sorte qu'ils pourront par là remplir deux buts d'utilité à la fois.

« On les échelonnera dans les gorges et dans les vallons, suivant les besoins et suivant les facilités et les convenances que présenteront leurs dispositions.

« En établissant également des barrages échelonnés dans les ravins qui affouillent leurs rives et qui entraînent, lors des pluies abondantes, des graviers ou des sables nuisibles, on arrêtera aussi la rapidité d'écoulement de leurs eaux et on les empêchera de nuire.

« *Troisième moyen.* Le dernier moyen ne s'applique qu'aux terrains en pentes douces, et particulièrement aux prairies qui se trouvent dans ce cas; il consiste à les disposer en bassins de limonages, qui servent à les niveler et à les relever progressivement, puis à augmenter beaucoup leurs produits et leur valeur, parce que les limons des eaux troubles et les mucilages que tiennent toujours en suspension les eaux produites par les pluies abondantes, même quand elles ne sont pas limoneuses, sont le meilleur des engrais pour les prairies; c'est un procédé d'irrigation par submersion, au moyen d'inondations partielles, réglées et volontaires.

« Pour former ces bassins, il suffit d'établir sur chaque prairie qui peut être limonée une digue générale d'enceinte en terre gazonnée de 50 centimètres à 1 mètre de hauteur maxima, à l'aval, et de couper la prairie, quand elle est étendue, en bassins partiels, au moyen de petites levées, transversales et de niveau, en terre gazonnée, pour mieux arrêter les limons dans les parties supérieures et pour diminuer ainsi les hauteurs des digues d'enceinte. Comme c'est précisément dans les grandes eaux qu'il convient de remplir ces bassins, en les multipliant, comme il est dans l'intérêt des propriétaires de le faire, il en résultera encore des retenues d'eau assez considérables et un retard de deux à trois jours dans l'arrivée de ces eaux aux courants principaux, ce qui suffit pour diminuer la grande intumescence des rivières, qui n'est jamais durable.

« *Résumé.* — Les dépenses qu'exigent les travaux à faire pour l'application de chacun de ces trois moyens sont généralement très-peu élevées, parce que, sauf pour les barrages des réservoirs, qui, pour être bien établis, exigent les conseils d'un homme de l'art, ces travaux ne consistent qu'en terrassements faciles, et que tout propriétaire peut diriger et surveiller lui-même.

« Mais ce qui est particulièrement digne de remarque, c'est que les trois moyens que je viens d'expliquer et que je conseille d'employer pour diminuer les hauteurs des crues des rivières et pour prévenir les désastres de nouveaux débordements, sont tous trois des moyens, et même les meilleurs moyens de multiplier et de généraliser les trois modes d'irrigation par infiltration, par déversement et par submersion, avec limonage, au moyen de l'art trop peu connu encore, et surtout trop peu pratiqué, d'y employer les eaux pluviales. Ces irrigations ont le double mérite de ne rien enlever aux courants naturels, et même de diminuer l'abaissement de leurs eaux en été, puis d'empêcher l'appauvrissement progressif des terrains élevés que produit constamment leur lavage par les eaux des pluies, auquel les moyens de retenue proposés remédient autant qu'il est possible.

« En sorte que, par une coïncidence qui est un grand bonheur, *les moyens les plus sûrs et les plus efficaces pour remédier aux débordements, sont en même temps les meilleurs pour étendre et généraliser les bienfaits des irrigations.* Par suite de cette heureuse coïncidence, les travaux à faire pour arrêter les eaux pluviales étant utiles et très-profitables pour les terrains sur lesquels on les établira, et dont, sans eux, la plupart seraient privés du bénéfice des irrigations ordinaires, non-seulement il y a dans ces opérations réunion et concordance de l'intérêt public et des intérêts privés, mais encore et par cela même une économie considérable pour l'État et pour les départements, qui n'ont besoin que d'encourager et d'aider la réalisation et la généralisation des trois procédés d'irrigation indiqués ci-dessus.

« Il suit de là que si tous les propriétaires et fermiers de France étaient assez éclairés pour comprendre leurs intérêts, en exécutant chacun sur son terrain ces sortes de travaux, en même temps qu'ils augmenteraient de beaucoup leurs revenus et la valeur de leurs fonds, ils créeraient le meilleur remède aux dangers et aux désastres des inondations. »

RIGOLES DES CANAUX D'IRRIGATION. Outre les grands avantages que procure la construction des rigoles horizontales utilisées ainsi que le comprenait Polonceau, ce système nous paraît pouvoir recevoir une utile extension, appliqué aux parties élevées des rivières alimentées par les eaux des sommets des montagnes, les neiges, etc., pour former de grands canaux d'irrigation servant à transformer en prairies les terres situées au-dessous de la ligne à peu près horizontale suivant laquelle ils seraient tracés.

Un canal débitant 10 mètres cubes par seconde, pouvant fournir à l'irrigation de 5,000 hectares, n'a pas besoin, en général, de plus de 10 kilomètres de par-

cours (voy. AMÉNAGEMENT DES EAUX, *Complément*), c'est-à-dire qu'en faisant des deux côtés d'un cours d'eau 25 kilomètres de canal horizontal, on pourrait débiter utilement pour l'agriculture 40 mètres cubes par seconde, et il est peu de cours d'eau qui, à une grande altitude, même sur les montagnes qui conservent le mieux les eaux à leur surface, pourraient supporter à l'étiage de nombreuses saignées de cette importance, étagées les unes au-dessus des autres.

On voit combien de semblables émissaires, venant apporter leur excédant dans de petites vallées secondaires et sur d'immenses étendues de prairies, seraient utiles pour limiter les effets d'une inondation. Nous ne pouvons poser ici que le principe destiné à faire à l'avenir partie des ressources que devra utiliser l'art de l'ingénieur agricole, car, dans chaque cas, en raison des circonstances, des cours d'eau, des pentes, des formes, de la nature du terrain, la solution du problème varie mais est toujours possible, pour créer d'abondantes richesses par des travaux relativement assez faciles pour qu'on ne comprenne pas comment ils n'ont pas reçu depuis longtemps un immense développement. Les causes sont, avec l'ignorance de l'utilité de ces travaux, la mauvaise condition économique d'une nation, où les individus sont trop isolés pour entreprendre d'aussi grands travaux, et le Trésor public trop souvent aux expédients pour oser se livrer à des entreprises aussi considérables. Le système de garantie d'intérêt à de puissantes associations paraît seul pouvoir fournir, dans l'état actuel de notre société, une solution, comme le prouve l'exécution par ce système, des chemins de fer du dernier réseau, qui ne sont susceptibles de fournir de bénéfices, quelques-uns, que dans un assez grand nombres d'années et d'autres de n'en donner jamais.

RIS. Nous ne parlerons pas ici de la manœuvre des voiles, mais seulement de celle qui est relative à la réduction de la voilure lorsque le vent fraîchit; cette réduction s'opère habituellement en *prenant des ris*, ce qui exige que les hommes montent sur les vergues, pour enrouler un grand nombre de cordes attachées à la voile autour des vergues, travail quelquefois dangereux et toujours fort pénible. La marine militaire a adopté avec succès un système imaginé par M. Bélaguic, officier de vaisseau, et qui facilite notablement la manœuvre de prendre les ris ; dans ce système, chaque bande de ris est garnie d'une filière en corde, passant dans des *œils de pie*, *a*, *b*, *c*, *d* (fig. 1), pratiqués dans la voile et

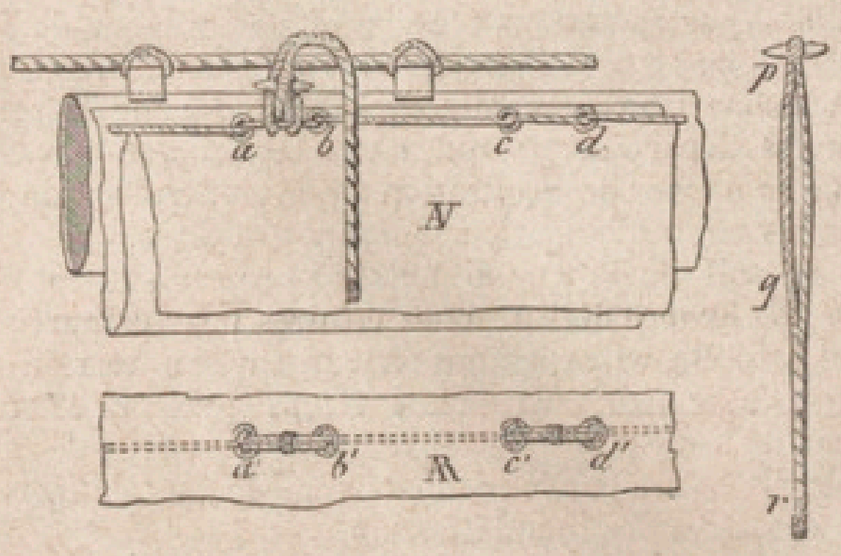


Fig. 1.

inégalement espacés; cette filière forme un tour complet entre les œils de pie les plus rapprochés *ab*, *cd*; *a'b'*, *c'd'*, et les deux brins croisés sur la face arrière de la voile, sont réunis par un amarrage à plat; les *garcettes*, au lieu d'être fixées sur les bandes de ris comme par le passé, sont amarrées sur la filière de la vergue; elles présentent à leur partie supérieure deux branches parallèles formant un œil allongé *pq*, et se terminent par une *queue de rat*, provenant de la jonction des deux branches supérieures; un cabillot en bois est solidement fixé sur la filière de la vergue, à proximité de la garcette, quelquefois sur la garcette elle-même.

Pour prendre un premier ris, on pèse sur les palanquins de manière à amener la bande de ris en contact avec la vergue; les hommes passent l'extrémité de la garcette entre la filière et la voile, en *ab*, et la ramenant à eux, engagent l'œil de la partie supérieure sur le cabillot. Pour les autres ris, l'opération s'exécute de la même manière et avec les mêmes garcettes.

M. Brouard, du Havre, a imaginé un système qui permet de réduire la voilure, sans qu'il soit nécessaire d'envoyer les hommes sur les vergues; ce système est surtout précieux pour la marine marchande, où la manœuvre de prendre des ris est d'autant plus pénible que les équipages sont moins nombreux. La voile est attachée par la ralingue de tête à une *sous-vergue*, placée, ainsi que son nom l'indique, au-dessous de la vergue proprement dite, et soutenue à chacune de ses extrémités par une ferrure *a* (fig. 2), dans laquelle s'engage

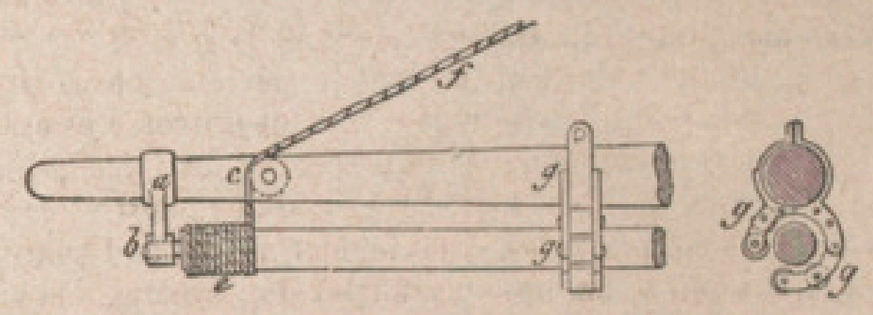


Fig. 2.

un tourillon *b*; près de ces ferrures s'enroule un cordage ou *balancine de ris ef*, faisant retour sur une poulie *c*, placée sur le côté de la vergue supérieure et remontant ensuite au chouquet, pour redescendre de là sur le pont. Si l'on pèse sur cette balancine en filant en même temps la drisse, la voile s'enroule sur la sous-vergue, et sa surface est réduite autant que l'on veut.

Cette installation s'applique également aux basses voiles, huniers et perroquets. La sous-vergue ne saurait rester suspendue par ses deux extrémités seulement: elle est soutenue de distance en distance par deux ou trois ferrures à rouleaux *gg*, qui résistent à la poussée du vent.

RIVER (MACHINES A) (*ang.* riveting-machine, *all.* nietpress). L'emploi si considérable du fer laminé réuni par des rivures, qui font une seule pièce de la totalité d'une grande construction, a rendu le travail à la main insuffisant, a fait rechercher le moyen d'y appliquer des machines puissantes et produisant rapidement.

Un rivet formé par une petite tige de fer portant une tête forgée à l'avance, et une seconde tête produite par la bouterolle, creux en acier de forme ronde, résiste de deux manières: 1° à un effort de *cisaillement*, exercé par les tôles dans un sens perpendiculaire à son axe; 2° à un *glissement* qui tend à se produire entre l'une des feuilles et la tête du rivet, quand il reste du jeu entre le corps du rivet et le trou dans lequel il a pénétré. Il résulte des expériences de Fairbairn que la résistance du rivet au cisaillement est environ les 4/5e de la résistance à l'allongement.

La solution la plus directe était de produire l'écrasement du rivet par la pression entre des pièces résistantes; telle est la machine à river de Fairbain, décrite à l'article CHAUDRONNERIE. La bouterolle y est actionnée par une tige recevant un mouvement convenable, le système devant être combiné pour qu'une pression très-considérable soit produite par celle-ci, sans que celle exercée aux points de contact des organes moteurs soit destructive des surfaces. C'est par l'intermédiaire d'un levier et d'un excentrique que Fairbain y est parvenu aussi bien que possible, mais pas très-complétement, un rivet trop long faisant évidemment naître une pression

et un frottement énorme à l'extrémité de la course de l'excentrique, toujours destructeur malgré la grande épaisseur donnée à celui-ci, tandis qu'un rivet trop court est imparfaitement rivé. Une grande régularité dans la fabrication des rivets est donc une condition essentielle du bon fonctionnement de cette machine.

Les machines à poinçonner, dont le travail précède celui de la machine à river, se construisent avec succès dans un système analogue à celui de la précédente, mais dans ce cas l'étendue de la course du poinçon, n'a plus d'importance. Telle est la machine de De Bergue. Elle consiste en une forte pièce en fonte supportée par la partie supérieure et pouvant prendre un mouvement pendulaire par l'action d'un excentrique logé vers son milieu, à l'axe duquel est communiqué un mouvement de rotation. Un des bords du balancier, garni d'un

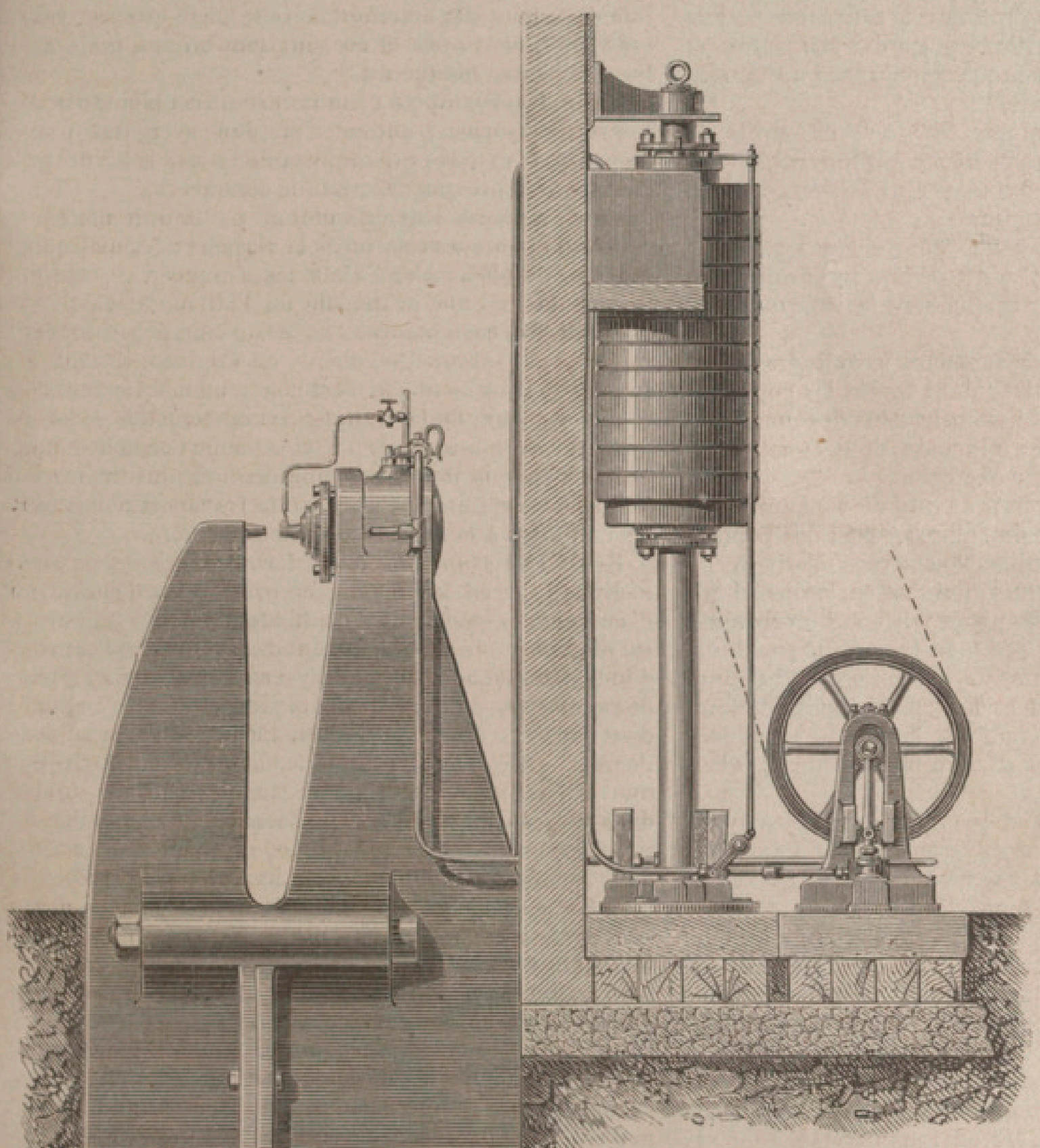


Fig. 3.

poinçon, forme machine à poinçonner, et l'autre, garni d'une bande d'acier, machine à cisailler, le bâti fixe portant la lunette ou la bande correspondante.

La grande masse du balancier, les avantages du mode de suspension, l'angle décrit au sommet étant petit, assurent le bon fonctionnement de cette machine.

Au lieu de transmettre le travail moteur dans les machines à river par des pièces intermédiaires, on peut le transmettre directement, ou à bien peu près, sur la tête du rivet. Telle est la disposition réalisée par Cavé, pour Lemaître son beau-frère, pour river par l'action directe de la vapeur, qui a été décrite en détail à l'article CHAUDRONNERIE. Elle ne s'est pas propagée et n'a pas remplacé les autres systèmes, malgré l'avantage qu'elle offrait d'agir à fond, c'est-à-dire que la course de la bouterolle n'y est pas limitée par le mouvement des pièces de la machine, mais par la résistance du rivet lui-même ; mais elle présentait l'inconvénient que la pression n'était pas assez largement supérieure à la résistance du métal, à moins d'agir par un choc, qui en ébranlant les tôles à réunir empêcherait la rivure d'être parfaite.

Le système qui consiste à employer la pression hydraulique paraît offrir sur les précédents le grand avantage d'éviter tous les frottements nuisibles et de permettre d'agir à fond avec une puissance très-grande. C'est un Anglais, R. Twedell, qui a combiné l'outillage que nous allons décrire.

L'emploi de la presse hydraulique pour poinçonner, cisailler ou river, évidemment inspiré à la fois par les résultats obtenus par Cavé et ceux des constructions analogues d'Armstrong (voyez TREUIL HYDRAULIQUE), avec des pressions de 20 à 25 kil. par millimètre carré, n'a pu devenir pratique que grâce à l'accumulateur dû à ce dernier. Nous décrirons d'abord la disposition de celui-ci qui se voit sur la droite de la figure 3.

La tige de l'accumulateur est fixe et sert de guide à un cylindre qui glisse sur elle, portant les poids nécessaires pour que l'eau soit à la pression voulue. L'eau chassée par une pompe arrive par le bas et remplit l'espace annulaire qui entoure la tige, et tout le poids est porté par l'eau agissant seulement sur cette embase. La capacité augmente ainsi avec l'élévation du cylindre. L'eau est fournie par deux pompes de 35 millimètres de diamètre et 8 centimètres de course, mues par une poulie actionnée par une courroie partant d'une machine motrice; elle fait de 100 à

120 révolutions par minute. Quand le cylindre pesant arrive au bout de sa course, au moyen d'une tringle il détermine la fermeture des robinets d'aspiration des pompes, qui cessent alors d'envoyer de l'eau.

L'eau venant de l'accumulateur entre dans le cylindre opérateur et en sort par une autre ouverture, par un jeu de soupapes. Quand l'eau doit entrer dans le cylindre, une soupape est ouverte par le levier à main, et est maintenue ouverte jusqu'à ce qu'un rivet soit placé, ou qu'on désire arrêter le travail en un moment quelconque. La soupape de sortie est fermée par la pression de l'eau entrée dans le cylindre ou par un ressort.

Pour produire un mouvement en arrière, la soupape de sortie est ouverte par un mouvement du levier inverse de celui qui fait ouvrir la soupape d'entrée; l'eau tombe dans le réservoir de la pompe, sauf une petite partie amenée sur la bouterolle, pour la refroidir, par un petit tuyau. Le piston opérateur est retiré en arrière par l'action d'un petit cylindre placé dans ce piston, et qui peut être mis en communication avec l'accumulateur par une entrée spéciale.

Cette machine peut placer 900 à 1,000 rivets de 30 millimètres dans des tôles de 20 millimètres, en dix heures, et dans le travail des tôles plus minces, on place jusqu'à 6 ou 7 rivets par minute.

On semble trouver avantage, dans quelques cas, à ne river directement au moyen du piston hydraulique, à l'employer à faire mouvoir un puissant levier ayant plus de course.

On a disposé de bien de manières le cylindre porte-bouterolle de manière à river dans toutes les positions, pour pouvoir opérer mécaniquement dans des conditions où on ne pouvait opérer qu'à la main, dans la construction des navires en fer, par exemple.

RIZ (*angl.* rice, *all.* reis). Plante de la famille des céréales, formant la base de l'alimentation des populations de l'Inde et de la Chine. Nous avons décrit sa culture à l'article AGRICULTURE; nous ne parlerons ici que des opérations industrielles qu'on fait subir au riz après sa récolte, et surtout de l'*écalage*, travail auquel on le soumet pour le débarrasser de sa balle et lui donner l'apparence brillante que recherche le consommateur, travail très-long et très-coûteux lorsqu'il s'effectue à bras, à l'aide d'un mortier et d'un pilon, comme cela a lieu en Asie.

Les essais faits jusqu'ici pour combiner des appareils domestiques, des espèces de moulins à noix, n'ont pas réussi complétement. La machine de ce genre qui a donné les résultats les moins imparfaits se compose d'un tronc de cône fixe en bois, de 1 à 2 mètres de hauteur, dont les côtés sont inclinés de 45 degrés environ. Il repose verticalement sur un massif en maçonnerie, et sa surface est munie de cannelures de $0^m,003$ de profondeur sur $0^m,009$ à $0^m,021$ de largeur à leur base. Il est enveloppé d'une chappe dont la surface intérieure est disposée comme l'extérieur du cône, mais les cannelures sont disposées en sens inverse. Elle recouvre le tronc de cône comme une sorte de cuve renversée et peut tourner sur un pivot, placé au centre de son fond et reposant sur le sommet du tronc de cône. Deux barres opposées, mues chacune par un ouvrier, font tourner la chappe autour du tronc de cône; une trémie à fond percé de trous reçoit à la partie supérieure le riz en paille qui descend entre les deux surfaces cannelées, se dépouille de ses balles et tombe mondé dans un réservoir placé à la partie inférieure.

L'expérience a montré que pour atteindre un résultat tout à fait satisfaisant, un appareil de ce genre était insuffisant, et qu'il fallait employer un ensemble d'appareils réunissant toutes les ressources de la meunerie; ce n'est que dans cette voie, qui exige malheureusement de grands établissements, qu'on peut opérer économiquement et obtenir de beaux produits, comme cela a été réalisé par les moulins construits pour la Cochinchine par MM. Touaillon.

Le riz couvert de sa balle passe d'abord entre des cylindres nettoyeurs, qui le débarrassent des corps étrangers et le classent en deux grosseurs au moins, pour rendre certaine l'action des meules auxquelles il est ensuite soumis. Ces meules horizontales sont fixes sur leurs axes, pouvant seulement être rapprochées ou écartées en raison de la grosseur du grain; leur frottement énergique enlève la balle et commence l'opération de l'écalage.

Cette opération consiste à enlever une peau très-fine qui adhère au grain de riz, ce qu'on ne pourrait obtenir seulement avec les meules sans en concasser beaucoup, ce qui en détruit la valeur. C'est avec l'aide de pilons qu'on y parvient, mais dans des conditions toutes particulières; les pilons, mus mécaniquement, n'atteignent jamais le fond des mortiers, de telle sorte que les grains qui remplissent ceux-ci ne sont pas broyés, mais usés les uns contre les autres.

Enfin, l'opération se termine par un roulage dans des tonneaux tournant autour d'un axe, avec une petite quantité de matière grasse, jusqu'à ce que le riz ait pris l'aspect brillant que demande le commerce.

Le riz presque privé de gluten ne saurait donner à ses consommateurs asiatiques la vigueur musculaire que la farine de blé soutient chez les Européens. Cette influence de la base principale de l'alimentation paraît d'autant plus certaine, que l'usage du pain des Européens se propage autour des centres où ils introduisent les mœurs de l'Occident. Ce n'est pas là un des éléments les moins curieux de la transformation souhaitable et du progrès des immenses populations avec lesquelles nous entrons chaque jour en communication plus intime, depuis que la rapidité des moyens de transport réduit tant les distances à la surface du globe terrestre.

ROBINETS (*ang.* cock, *all.* hahn). Un robinet, c'est-à-dire l'appareil le plus ancien permettant d'établir ou d'arrêter le mouvement d'un fluide à travers un tuyau, est d'un usage de chaque instant dans toutes les branches d'industrie. Il consiste en général en une cannelle, espèce de tuyau conique horizontal qui pénètre dans la capacité dont on veut retirer le liquide. Ce tuyau porte un renflement percé d'un trou conique, dit *boisseau*, bouché par une *clef* ou *noix*, qui s'oppose au passage du liquide dans un sens, mais qui permet l'écoulement quand on lui fait faire un quart de révolution, et qu'on amène ainsi dans le sens du tuyau le canal dont elle est percée.

Il faut que l'œil de la noix présente une section à peu près égale à celle du tuyau horizontal, afin que l'écoulement n'éprouve pas de contraction. La clef doit être d'un métal plus doux que celui du boisseau, afin que l'usure s'exerce sur la partie la plus facile à remplacer. C'est parce que cette usure est inévitable qu'on fait la clef conique, afin qu'en descendant un peu, elle puisse fermer encore quand l'usure a diminué son diamètre moyen. Dans les cannelles en bois, bien préférables lorsqu'on les laisse à demeure aux appareils en cuivre, on garnit le boisseau de liége qui donne une excellente fermeture, exempte d'adhérence après une longue durée.

Une amélioration a été apportée à ces appareils par M. Jullien, pour le soutirage des liquides renfermés dans des capacités closes, les tonneaux, par exemple. Comme dans ce cas l'écoulement ne peut avoir lieu qu'autant que le liquide est remplacé par un volume égal d'air, il faut que celui-ci remonte à travers le liquide qui s'écoule, quand on emploie les robinets ordinaires; il s'ensuit que le filet est dispersé et le liquide troublé.

M. Jullien a remédié à cet inconvénient, en disposant à la partie supérieure de la cannelle un petit conduit très-étroit, correspondant à une petite ouverture

percée à travers la clef, qui permet à l'air de rentrer à mesure que le liquide s'écoule avec une grande régularité. Cet appareil est surtout précieux pour soutirer les vins.

Il arrive quelquefois que l'on ne peut prolonger le robinet au delà de son boisseau. On emploie alors des clefs percées d'un double canal, l'un vertical, l'autre horizontal: c'est le système employé dans les établissements de bains.

Par l'emploi de ressorts qui ramènent au point de départ un petit piston qui ferme l'arrivée de l'eau, on établit des genres de robinets très-précieux. Tels sont le robinet à plongeur des bornes-fontaines décrit à l'article EAUX, les robinets fermant seuls, etc.

Citons encore les robinets à flotteur que fait tourner l'action d'une sphère creuse flottant à la surface d'un réservoir.

Les robinets, qui jouaient autrefois un grand rôle dans la machine à vapeur, ont été remplacés avantageusement par les tiroirs et les soupapes. Nous les avons donnés à l'article MACHINE A VAPEUR; on y trouvera aussi la représentation des grands robinets à valves usités dans quelques cas, et notamment dans les grandes conduites d'eau.

ROCHAGE. On a décrit en traitant de l'affinage de l'argent le phénomene curieux du rochage. On sait que lorsque ce métal se solidifie, il se produit une sorte de végétation à sa surface, et parfois une petite portion d'argent est projetée au loin. Ce n'est pas là un simple effet de solidification et de contraction par suite du refroidissement qui altère toujours, mais faiblement, la surface d'un métal fondu; c'est celui d'un dégagement d'un gaz dissous. Le rochage résulte du brusque changement de solubilité du gaz dissous dans le métal au moment de la solidification.

Le gaz qui s'échappe ainsi de l'argent est de l'oxygène. Gay-Lussac a constaté, dans les circonstances les plus favorables, le dégagement d'un volume de gaz égal à 22 fois celui du métal. L'or, le palladium, le platine peuvent présenter les phénomènes du rochage.

M. Caron les a constatés pour le cuivre et l'antimoine chauffés dans l'hydrogène.

ROCHE A FEU. Composition incendiaire dont voici un formule: suif, 1; térébenthine, 1; colophane, 3; soufre, 4; salpêtre, 10; antimoine, 1; pulvériser séparément les quatre derniers éléments, les verser dans le mélange fondu des deux premiers, et incorporer lentement le tout. La roche à feu se conserve dans des tubes de carton. Chargée dans les projectiles creux et projetée avec leurs éclats, elle enflamme les corps combustibles sur lesquels elle tombe.

ROCHES. Voy. GÉOLOGIE.

ROCHET. Le rochet ou cliquet est un arrêt mobile tournant autour d'un axe, et la roue à rochet est un système qui permet à un arbre de rotation de tourner librement dans un sens, sans pouvoir jamais rétrograder en sens contraire. La fig. 1 en montre la disposition. Elle se compose essentiellement d'une roue dont la circonférence porte des entailles dites rochets, et qui est assemblée avec l'axe de rotation, et d'un plateau monté à frottement doux sur l'arbre portant un cliquet qui s'appuie sur les entailles de la roue. Le plateau est donc nécessairement entraîné par la roue toutes les fois que le sens du mouvement assure l'action de la dent du cliquet sur celle du rochet, mais non dans le sens contraire; le cliquet remontant alors sur le plan incliné qui forme la partie postérieure de la dent du rochet n'est plus entraîné.

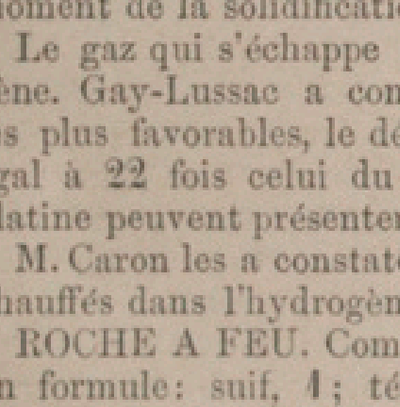


Fig. 1.

ROCHET.

Les formes des cliquets et des rochets peuvent être variées pour produire l'effet voulu, mais leurs formes relatives doivent toujours satisfaire à cette condition, que la normale commune au point de contact passe entre les deux centres de rotation; ce qui peut s'obtenir de diverses manières.

En effet, soit A le centre de rotation de la roue, en B celui du cliquet; admettons que la roue tend à tourner dans la direction indiquée par la flèche *a*, et soit *mn* la normale commune entre le talon du rochet et la surface correspondante du cliquet. La flèche *b* indique le sens dans lequel celui-ci est sollicité par le talon du rochet, et l'on comprend que le cliquet tournant autour de B fait obstacle au mouvement de rotation de la roue; il y a arc-boutement; il est refoulé sur le point fixe B.

Au contraire, si l'on suppose le centre de rotation du cliquet placé en B', c'est-à-dire du même côté de la normale commune que le centre A, le mouvement virtuel

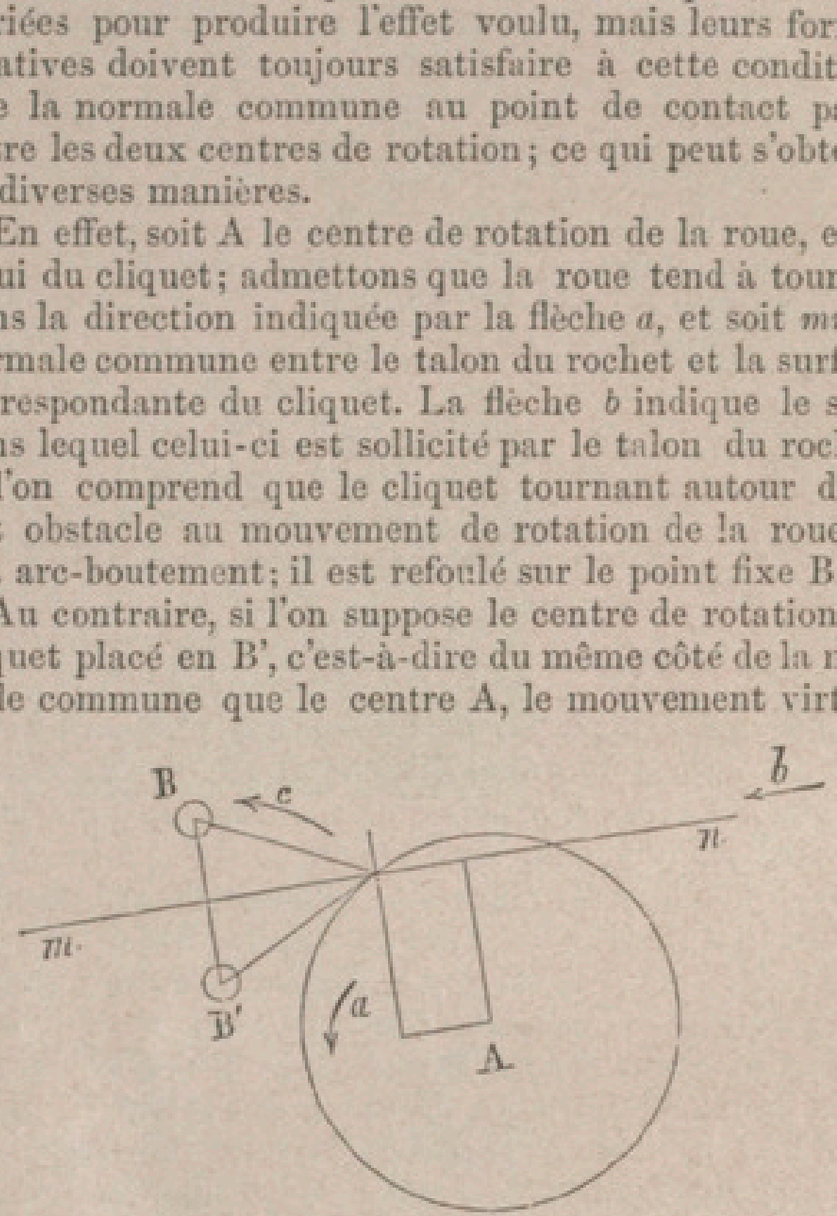


Fig. 2.

de la roue dans le sens de la flèche *a* pourra se produire et le cliquet, facilement soulevé, tourner autour du centre B' dans le sens de la direction de la flèche *c*.

Si l'axe B est nécessairement placé au-dessous de la normale commune, on dispose le cliquet pour qu'au lieu de butter contre le rochet, il puisse le retenir, si son extrémité forme un angle rentrant ou crochet, comme sur la figure 3; la normale commune au point de contact doit alors laisser de même côté les deux centres de rotation A et B.

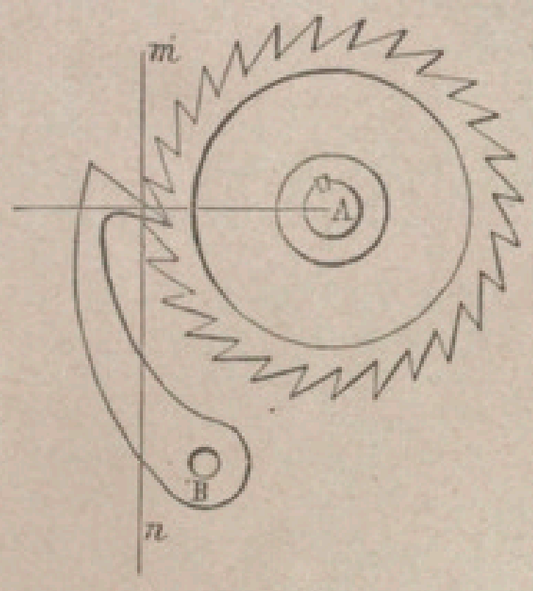


Fig. 3

Inutile de faire observer qu'un ressort est toujours indispensable pour ramener le cliquet à sa position, lorsqu'il n'est pas placé de manière que la pesanteur assure son effet.

La roue à rochet est employée dans une multitude de circonstances, et notamment dans les mouvements de pendule. Fixée sur un arbre carré, elle échappe au cliquet dans le sens où il faut le tourner avec une clef pour opérer le bandement du ressort moteur. Mais dès que ce dernier exerce son action, la roue à rochet tourne en sens contraire, en entraînant avec elle le barillet assemblé avec l'autre extrémité du ressort, et dont le contour, formé par une roue dentée, est destiné à transmettre l'action motrice du ressort aux autres pièces.

Si la roue à rochet devait avoir des dimensions très-considérables, elle pourrait se réduire en quelque sorte à une seule dent par la disposition suivante, due à Poncelet, en permettant à l'arrêt de prendre un petit mouvement rectiligne perpendiculairement à la circonférence de la roue quand il est poussé dans cette direction.

Supposons une lanterne CD (fig. 4), engrenant avec une roue dentée FE conduite par un arbre vertical,

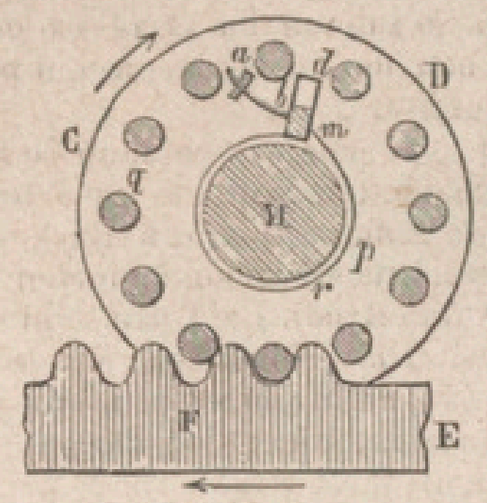


Fig. 4.

celui d'un manége, par exemple. Les plateaux de la roue à lanterne tournent librement sur l'arbre M, qui porte une frette *pr*, armée d'un mentonnet, d'une dent *m*, qui s'applique d'un côté contre la face plane de la pièce *d* mobile dans une coulisse, et de l'autre se raccorde tangentiellement avec la surface inférieure de la frette; la pièce *m* est appliquée par un ressort *ab* fixé au plateau de la lanterne.

Si la roue tourne dans le sens de la flèche, le plateau de la lanterne tournant, la pièce *d* pressera le mentonnet de la frette, et l'arbre M sera mis en mouvement. Au contraire, l'arbre M se mouvant, si la roue F s'arrête, si, par exemple, le cheval attelé à un manége moteur a besoin de s'arrêter, dans ce cas, l'arbre continuant à se mouvoir étant entraîné par l'effet de l'inertie des diverses parties en mouvement, le mentonnet *m* s'éloigne de la pièce *d*, puis, pendant une révolution de l'arbre, la soulève peu à peu et sans choc dans ses mortaises (agit comme un excentrique) et celle-ci retombe à sa place primitive dès que le mentonnet s'est échappé; l'action de l'engrenage peut alors reprendre.

ROUE A ROCHET DIFFÉRENTIELLE. Les roues à rochet sont quelquefois employées dans les machines pour faire mouvoir un axe d'un très-petit angle, ou d'angles dont la différence est très-petite. Les dents sont alors très-faibles.

On peut remédier à ce défaut par l'arrangement représenté fig. 5. A est une roue à rochet ordinaire à

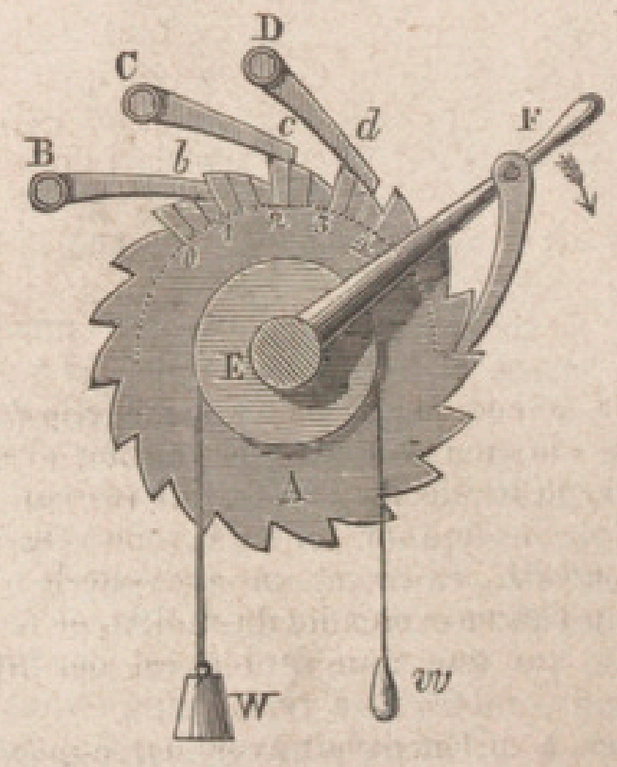


Fig. 5

dents résistantes; B*b*, C*c*, D*d* sont trois cliquets, parmi lesquels B*b*, dans la disposition représentée sur la figure, empêche le mouvement de la roue en butant contre le côté radial de la dent en *b*. Il est bien clair que l'emploi de trois dents n'est pas nécessaire, que ce nombre est arbitraire et que la division adoptée est faite uniquement pour faciliter l'explication de ce mécanisme particulier.

On voit sur le dessin que B*b* butant contre la face de la dent formée par le prolongement du rayon, le second cliquet repose sur la partie supérieure de la dent 2 *c*, à la distance de 1/3 de pas, à partir de la face radiale de cette dent; la troisième détente D*d* repose de même à une distance de 2/3 de pas, à partir de la face radiale de la dent 3 *d*. Ni C*c*, ni D*d* ne servent à retenir la roue.

Si maintenant on vient à faire tourner la roue en agissant sur le levier EF, ou en tirant sur le petit poids *w*, dans la direction convenable pour soulever le poids W d'une hauteur répondant à la rotation d'un tiers de dent, l'extrémité *c* du cliquet C*c* parcourra l'espace 1, 2 et viendra buter contre la face radiale 2*c*. Si la roue est encore mue d'une même quantité, ce sera l'extrémité *d* du cliquet D*d*, qui aura parcouru par le mouvement précédent 1/3 de dent et tombera dans l'espace 3 *d* et arrêtera la roue. Un troisième mouvement ferait reprendre la position primitive, le cliquet B*b* venant agir sur la face radiale de la dent marquée 0.

Le résultat est que cette roue avec 20 dents peut être arrêtée dans un nombre de positions déterminé par trois fois ce nombre; les dents restant d'ailleurs assez fortes pour résister aux plus grands efforts.

En employant plus de cliquets, cinq par exemple, ce qui est fait aisément en arrangeant les faces de butée à des distances égales à 1/5e du pas au lieu du tiers, comme sur la figure, on peut obtenir de très-petits angles de mouvement. Ce mécanisme est employé dans le métier à tisser mécanique.

ROCOU (*angl.* annotto, *all.* orlean), matière colorante produite par un arbre de la famille des liliacées, le rocouyer, particulièrement cultivé à Cayenne. Cette matière est une espèce de pulpe gluante, d'un rouge-vermillon, entourant les graines, qui sont de la grosseur des petits pois, et réunies par trente ou quarante dans un fruit siliqué et épineux. Lorsque le fruit est mûr, les capsules s'ouvrent avec une sorte d'explosion par la seule pression des doigts. On enlève ensuite la pulpe et les graines; on pile grossièrement le tout, et on le fait digérer avec une certaine quantité d'eau pendant un temps suffisant pour produire un commencement de fermentation; on agite alors, on décante, et on traite de nouveau le résidu par l'eau afin de l'épuiser: il est préférable de ne point piler les semences et d'éviter toute fermentation, on obtient par ce dernier procédé un rocou de qualité supérieure. Quel que soit le mode d'extraction suivi, on réunit toutes les eaux qui ont servi à traiter les graines et qui tiennent en suspension la matière colorante; par un passage au tamis, on en sépare la pulpe et les débris de semence qui auraient pu y rester, puis on les laisse déposer; on enlève par décantation l'eau claire surnageante; on amène le dépôt à l'état de pâte ferme par une évaporation ménagée, puis on termine la dessiccation à l'ombre dans des séchoirs à l'air libre.

Le rocou de bonne qualité est en pâte bien homogène, d'une consistance assez ferme, et onctueux au toucher; il doit être de couleur de feu, et offrir une teinte plus vive en dedans qu'en dehors; lorsque la dessiccation a été mal opérée, il est souvent moisi dans son intérieur, et la couleur en est toujours plus pâle. D'après Chevreul, le rocou renferme deux matières colorantes distinctes, l'une jaune, soluble dans l'eau et l'alcool, et insoluble dans l'éther; l'autre rouge, insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool et l'éther. Sa décoction dans de l'eau alcaline est d'une belle couleur orangée. Le rocou est une couleur très-

fugace que l'on n'emploie guère que dans la teinture de la soie. Il sert également à colorer des vernis et certaines préparations alimentaires, comme le fromage de Chester, etc.

ROMAINE. Voyez BALANCE.

ROUES DENTÉES (SYSTÈME DE). Il importe d'étudier les systèmes de roues et de pignons employés en horlogerie et qui offrent une précieuse application des théories élémentaires de l'algèbre pour résoudre une question difficile.

Le rapport des vitesses angulaires des roues extrêmes d'un système composé seulement de roues engrenant ensemble, est le même que si les roues extrêmes étaient immédiatement en contact, puisque les mêmes longueurs des diverses circonférences primitives passent toujours aux divers points de contact. La multiplication des roues dentées ne fournit donc pas le moyen d'accroître le rapport des vitesses angulaires de deux axes. Il n'en est plus ainsi lorsqu'on emploie à la fois des roues et des pignons, c'est-à-dire plusieurs systèmes d'engrenages, situés dans des plans parallèles. Une première roue A (fig. 1) engrène, par exemple, avec une autre roue *a*, d'un rayon bien moindre, avec un *pignon;* sur le même axe que le pignon *a* est montée une roue B solidaire avec lui. La roue B engrène avec un second pignon *b* sur l'axe duquel est montée une roue C.

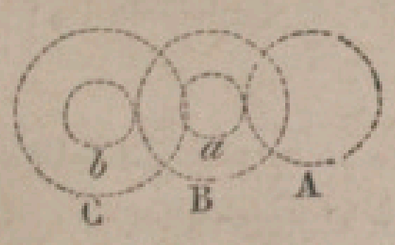


Fig. 1.

w, *w'*, *w''*, étant les vitesses angulaires autour des axes des trois roues A, B, C, R, R', R'', les rayons de ces roues; *r*, *r'*, ceux des pignons *a*, *b*, on aura :

$$w \times R = w' \times r$$
$$w'' \times r' = w' \times R'$$

et en divisant ces deux expressions l'une par l'autre :

$$\frac{w}{w''} = \frac{r \times r'}{R \times R'}$$

c'est-à-dire que la vitesse angulaire de la première roue est à celle de la dernière comme le produit des rayons des pignons est au produit des rayons des roues, celle montée sur le dernier pignon exceptée.

Et en général $N_0\ N_1 \ldots$ étant les nombres des dents des roues, $n_1\ n_2\ n_3 \ldots$ le nombre des dents des pignons montés sur les mêmes axes (les nombres des dents étant entre eux comme les rayons), T_1 le nombre de tours de la première roue, T_m le nombre de tours de celle mue par le dernier pignon, on aura :

$$\frac{T_m}{T_1} = \frac{N_0\ N_1 \ldots N_{m-1}}{n_1\ n_2 \ldots n_m}.$$

Telle est la formule dont on se sert dans les cas où l'on doit obtenir une grande vitesse à l'aide d'une petite vitesse de l'arbre moteur, et notamment dans l'horlogerie, où ce problème doit toujours être résolu.

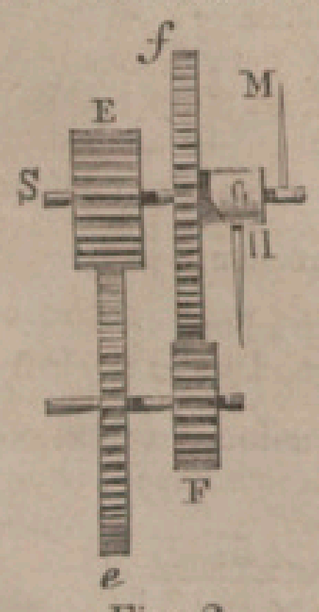


Fig. 2.

Remarquons que lorsque dans un mécanisme la disposition des roues et des pignons occupe trop de place, on peut la diminuer par l'emploi de *canons*, moyen de monter des roues mues avec des vitesses différentes, sur un même arbre, de fournir un même axe mathématique de rotation à ces diverses roues. On rencontre fréquemment cette disposition en horlogerie; nous nous contenterons de donner ici son application, qui la fera parfaitement comprendre, à une *minuterie*, aux rouages qui font que les deux aiguilles montées sur un même axe d'un appareil d'horlogerie, qui représentent en réalité des rayons de roues, tournent dans le même sens et dans le rapport de 12 à 1, c'est-à-dire que l'aiguille des minutes parcourt un intervalle de 12 heures pendant que celle des heures parcourt l'intervalle d'une heure.

Quatre roues dentées sont alors nécessaires. La roue E étant fixée à l'axe S, et la roue *f* au canon G qui tourne librement autour de l'axe S, l'aiguille des minutes M est fixée à l'axe S, et celle des heures au canon G (fig. 2). Le mouvement est communiqué par les roues *e* et F montées sur un même axe, et en engrenant la première avec E, la seconde avec *f*.

Si E a 12 dents, *e* 36, F 10, *f* 40, on a pour le rapport des vitesses angulaires des deux aiguilles

$$\frac{36 \times 40}{12 \times 10} = \frac{12}{1}.$$

La même disposition complétée est employée pour les horloges astronomiques.

Au moyen de trois ou quatre roues engrenant, pignons montés sur l'axe d'une roue avec la circonférence de la suivante, on produit, à l'aide du mouvement de rotation très-lent de la roue du cylindre que fait tourner le poids moteur, le mouvement assez rapide de la roue d'échappement. Le problème paraît susceptible d'un nombre indéfini de solutions; mais il est limité par les conditions spéciales de la question. En effet, il faut que la roue d'échappement faisant exactement un tour complet pour 60 oscillations du régulateur (supposé un pendule battant la seconde), l'axe de cette roue porte l'aiguille des secondes qui parcourra 360° en une minute; il est nécessaire qu'une autre roue du rouage aille soixante fois moins vite et parcoure 360°, fasse un tour en une heure, ce sera l'aiguille des minutes. Il faut enfin qu'un autre axe aille douze fois moins vite, ce sera l'axe de l'aiguille des heures. Nous avons donné à l'article HORLOGERIE la discussion du système de roues et de dents les plus convenables à employer pour ce problème spécial.

Considérons d'une manière générale ce problème d'une grande importance en mécanique :

Étant donné le rapport de vitesse de deux axes, déterminer le nombre des axes intermédiaires, les proportions des roues et les nombres de dents convenables, pour transmettre le mouvement d'un axe à l'autre.

Pour simplifier, nous supposerons qu'il s'agit seulement de roues dentées; mais tout système complexe composé de roues, poulies, crémaillères, etc., peut être calculé d'après les mêmes principes.

La solution consiste évidemment, pour avoir le nombre des dents des roues et le nombre des axes, à décomposer $\frac{T_m}{T_1}$ en nombres premiers, à établir une formule semblable à celle précédente, en prenant le produit de plusieurs nombres pour une roue, s'il est nécessaire, afin de rester dans les limites des nombres convenables pour les dents des roues et des pignons.

On ne peut procéder que par approximation, dans le cas où les deux nombres, ou quelques-uns de leurs facteurs sont trop considérables pour deux roues, et ne sont pas décomposables en facteurs premiers, sont premiers.

Soit $\frac{T_m}{T_1} = \alpha \pm E$. Si on ne tient pas compte de E, on peut avec α, nombre simple en général, multiplié s'il est nécessaire par une fraction égale à l'unité, obtenir une solution; mais l'on introduit une erreur de E

révolutions du dernier axe pour une du premier, et la nature de la machine indique si cette approximation est suffisante.

Pour obtenir une plus grande approximation, ou si α est un nombre premier trop grand, on détermine, comme ci-dessus, le plus petit nombre m d'axes nécessaire et le nombre d'ailes que, d'après la nature de la machine, il convient de donner aux pignons. Soit D le produit des nombres des dents des roues, F le produit des nombres des dents des pignons, on aura dans ce cas $\frac{T_m}{T_1} = \frac{D}{F} = \frac{F\alpha}{F}$ (nous supposons que les roues conduisent).

Au lieu de prendre $\frac{D}{F} = \alpha$, posons $\frac{D}{F} = \frac{F\alpha \pm E}{F}$, E étant choisi aussi peu différent du reste exact que possible, s'il y en a un, et tel que $F\alpha \pm E$ soit décomposable en facteurs. L'erreur est alors au plus de $\pm E$ tours du dernier axe pour F tours du premier, ou $\frac{\pm E}{F}$ rotations du dernier axe pour une du premier.

Si les pignons conduisent, on prend de la même manière $\frac{T_1}{T_m} = \frac{D\alpha \pm E}{D}$, et l'erreur est de $\frac{\pm E}{D}$ rotations du premier axe pour une du dernier.

Exemple. — Soit demandé d'obtenir approximativement

$$\frac{T_m}{T_1} = 269.$$

Si on prend le nombre entier le plus près, 270, l'erreur est d'un tour du dernier axe pour 270 du premier. Si, d'après la nature de la machine, le rapport $\frac{1}{8}$ est plus grand que celui qui est permis entre les roues et les pignons, comme 269 est compris entre 8^2 et 8^3, trois paires de roues et de pignons sont nécessaires.

Si on emploie des pignons de dix dents, on a : $\frac{D}{F} = \frac{269000}{1000}$ et $\frac{269001}{1000} = \frac{8^2 \times 41}{10^3}$, qui constitue un train excellent dont l'erreur est de $\frac{1}{1000}$ de révolution du dernier axe pour un tour du premier.

Cette méthode est suffisante pour les cas ordinaires ; mais si une grande exactitude était nécessaire, si les termes de la fraction, bien que divisibles en facteurs, exigent grand nombre de roues et de pignons, il faut nécessairement déterminer une nouvelle fraction d'une valeur approchée de celle de la première et de termes plus simples ; les fractions continues s'appliquent à ce cas avec avantage.

$\frac{T_m}{T_1}$ étant la forme de la fraction dont les termes sont d'un grand nombre de chiffres; en la réduisant en fraction continue à la manière ordinaire, on obtient des séries de réduites, les premières très simples, les suivantes plus approchées, qui, examinées séparément, admettront le plus souvent une division convenable en facteurs, ou au moins différeront peu de fractions donnant une approximation suffisante. La valeur de l'approximation entre la fraction proposée et la réduite adoptée est toujours déterminée par la différence de ces deux quantités.

Soit en général $\frac{x}{y}$ une fraction très approchée d'une fraction donnée $\frac{a}{b}$, on a la différence

$$\frac{a}{b} - \frac{x}{y} = \frac{ay - bx}{by} = \frac{k}{by}.$$

D'après la supposition, k est très petit par rapport à by, et peut être positif ou négatif ; pour déterminer k, on a l'équation indéterminée $ay - bx = k$ [1], dont toutes les solutions sont $x = \alpha + ma$, $y = \beta + mb$, m étant un nombre entier quelconque, positif ou négatif, $x = \alpha$, $y = \beta$ étant des valeurs convenables pour une solution.

Soit la fraction $\frac{a}{b}$ convertie en fraction continue et $\frac{p}{q}$ l'avant-dernière réduite, les formules ci-dessus pour toutes les valeurs possibles de x et y deviennent $x = pk + ma$, $y = qk + mb$ et $\frac{x}{y} = \frac{pk + ma}{qk + mb}$ est l'expression de la fraction approchée cherchée, dans laquelle m et k peuvent être tout nombre entier positif ou négatif, k étant petit par rapport à by et ax.

En effet, $x = pk$, $y = qk$ fournissent une solution, puisqu'en mettant ces valeurs dans l'équation [1] pour x et y, il vient $(aq - bp)\,k = k$, puisque la différence $\frac{a}{b} - \frac{p}{q} = \frac{aq - bp}{bq} = \frac{1}{bq}$, d'après la théorie des fractions continues.

Un grand nombre de valeurs de $\frac{x}{y}$ peuvent être obtenues à l'aide de l'expression ci-dessus, et par suite on peut choisir les plus convenables pour la décomposition en facteurs. Toute la difficulté de ce procédé consiste dans le choix des valeurs convenables de k et de m. Les nombres ainsi obtenus pour x et y sont nécessairement petits, k et m étant petits et pouvant avoir des signes différents, ce qui donne une très grande latitude pour le choix.

Ainsi si l'on donne à k les valeurs $0, -1, +1, -2$, et ainsi de suite, et que dans chaque cas on prenne de semblables valeurs de m, qui donnent de petites valeurs de x et y, on décomposera chaque paire de résultats en facteurs premiers, et, ceci fait, on calculera l'erreur résultante. En procédant ainsi on obtiendra des nombres pouvant permettre une exactitude suffisante, sans employer trop grand nombre de roues. Des tables de facteurs premiers facilitent beaucoup les calculs.

Soit à déterminer la fraction $\frac{x}{y}$, très voisine de $\frac{45}{14}$, l'avant-dernière réduite est $\frac{16}{5}$; plaçant ces nombres dans l'expression de $\frac{x}{y}$, on a :

$$\frac{16k + m45}{5k + m14}.$$

Soit $m = 1$, $k = -1$, $\frac{x}{y} = \frac{29}{9}$,

$m = 1$, $k = -2$, $\frac{x}{y} = \frac{13}{4}$,

$m = 2$, $k = -3$, $\frac{x}{y} = \frac{42}{13}$.

Deux de ces termes seraient obtenus par le seul calcul des réduites, mais non le troisième $\frac{42}{13}$.

Si l'on applique cette méthode à l'exemple d'un mouvement annuel dans une horloge, dans ce cas la fraction $\frac{a}{b}$ est égale à $\frac{464359}{450}$, l'expression des fractions approchées devient :

$$\frac{464359 \times k - m \times 58804}{450 \times k - m \times 461},$$

dans lesquels k et m peuvent prendre toutes les valeurs, par exemple :

$$\frac{7\times164359-22\times58804}{7\times450-22\times161}=\frac{443175}{392}=\frac{25\times69\times83}{8\times7\times7}.$$

Correspondant à une période de 365j 5h 48' 58" 6944 (erreur de 40" 69 avec l'année vraie). C'est le résultat calculé par une méthode différente par le Père Alexandre, et depuis par Camus et Fergusson.

L'expression :

$$\frac{3\times164359-10\times58804}{3\times450-10\times161}=\frac{94963}{260}=\frac{11\times89\times97}{2^2\times5\times13},$$

qui correspond à une période de 365j 5h 48' 55" 38, est aussi très convenable.

Dans un système de roues dentées, une ou plusieurs vis sans fin peuvent être introduites pour diminuer le nombre des dents; par exemple, dans la dernière fraction citée, le dénominateur ne peut être divisé en moins de trois roues; mais on peut les remplacer par deux pignons et une vis sans fin (en se rappelant que cette dernière équivaut à un pignon à une aile); on aura ainsi les systèmes équivalents $4\times20\times13$ ou $4\times10\times26$. Si la vis sans fin n'est pas convenable, les termes de la fraction doivent être multipliés par 4, ce qui rend le dénominateur suffisant pour trois pignons, et le train devient : $\frac{44\times89\times97}{8\times10\times15}$.

MÉTHODE DE M. BROCOT *pour calculer le nombre de dents d'engrenage des roues propre à former un rouage.*

M. Brocot a réussi d'une manière ingénieuse à simplifier les recherches que nécessite la méthode des fractions continues proposée par Huyghens et a donné le moyen d'obtenir sans aucun calcul, par le seul examen d'une table, une première approximation qui pourra souvent être jugée suffisante; il sera d'ailleurs toujours possible de la perfectionner dans chaque cas particulier. La méthode proposée par cet habile horloger est fondée sur divers lemmes que nous pouvons réduire aux suivants :

LEMME I. — Lorsque deux fractions diffèrent de l'unité divisée par le produit de leurs dénominateurs, la fraction obtenue en les ajoutant terme à terme est la plus simple de celles qui sont comprises entre les proposées.

Si nous supposons en effet

$$\frac{a}{b}-\frac{a'}{b'}=\frac{1}{bb'}, \qquad (1)$$

ou

$$ab'-a'b=1,$$

et si nous désignons par $\frac{m}{n}$ une fraction quelconque telle que l'on ait, par exemple :

$$\frac{a}{b}>\frac{m}{n}>\frac{a+a'}{b+b'}, \qquad (2)$$

nous tirerons de là :

$$\frac{a}{b}-\frac{a+a'}{b+b'}>\frac{a}{b}-\frac{m}{n}, \qquad (3)$$

$$\frac{ab'-ba'}{b(b+b')}>\frac{an-bm}{bn}, \qquad (4)$$

$$\frac{1}{b+b'}>\frac{an-bm}{n}. \qquad (5)$$

D'ailleurs

$$an-bm\geq 1,$$

puisque $\frac{a}{b}>\frac{m}{n}$, $\frac{a}{b}-\frac{m}{n}=\frac{an-bm}{bn}>0$,

$an-bm$ est formé de nombres entiers.

Multipliant (4) par (5), il reste

$$n>b+b',$$

et par suite en multipliant par (3),

$$m>a+a',$$

ce qui montre que la fraction $\frac{m}{n}$ a des termes plus compliqués que $\frac{a+a'}{b+b'}$.

REMARQUE. 1° On a toujours :

$$\frac{a}{b}>\frac{a+a'}{b+b'}>\frac{a'}{b'},$$

ou

$$\frac{a}{b}-\frac{a'}{b'}=\frac{1}{bb'}>\frac{a+a'}{b+b'}-\frac{a'}{b'}=$$

$$=\frac{1}{b(b+b')}>\frac{a'}{b'}-\frac{a'}{b'}>0.$$

LEMME II. — Lorsque deux fractions diffèrent de l'unité divisée par le produit de leurs dénominateurs, la fraction obtenue en les ajoutant terme à terme remplit la même condition par rapport à chacune d'elles.

Si nous supposons en effet

$$\frac{a}{b}-\frac{a'}{b'}=\frac{1}{bb'},$$

ou

$$ab'-a'b=1,$$

on aura identiquement :

$$\frac{a}{b}-\frac{a+a'}{b+b'}=\frac{ab'-ba'}{b(b+b')}=\frac{1}{b(b+b')},$$

ce qu'il fallait démontrer.

De même :

$$\frac{a+a'}{b+b'}-\frac{a'}{b'}=\frac{1}{b'(b+b')}.$$

Si nous remarquons maintenant que $\frac{0}{1}$ et $\frac{1}{1}$ sont des fractions qui remplissent les conditions voulues, il suit de ces deux lemmes que la fraction $\frac{0+1}{1+1}=\frac{1}{2}$ est la plus simple de toutes celles qui sont comprises entre elles et qu'elle remplit encore avec chacune d'elles les mêmes conditions.

Par conséquent

$$\frac{0+1}{1+2}=\frac{1}{3}, \quad \text{et} \quad \frac{1+1}{2+1}=\frac{2}{3},$$

seront les fractions les plus simples que l'on puisse insérer entre la troisième et chacune des deux premières, et elles rempliront avec leurs deux voisines les conditions en question; et ainsi de suite indifféremment.

En suivant cette marche, M. Brocot a calculé toutes les fractions qui se présentent successivement et dont le dénominateur ne dépasse pas 100. Il les a converties en décimales à dix figures et disposées en forme de table. Celle-ci renferme trois colonnes, dont l'une donne la forme décimale et les deux autres le numérateur et le dénominateur.

On possède par là une série de 3053 fractions dont les termes n'ont que deux chiffres, et dont chacune remplit, par rapport aux deux voisines, la condition que leur différence soit égale à l'unité divisée par le produit des dénominateurs. Cette différence est, bien entendu, variable, mais on peut s'en faire une idée par sa valeur moyenne qui sera, d'après le nombre de

ces fractions, $\frac{1}{3054}$, ou avec dix figures 0,000327394(1).

Pour se servir de cette table on commencera, si le rapport proposé n'est pas moindre que l'unité, par l'y ramener. On pourra, pour cela, soit la renverser, soit considérer à part la partie fractionnaire. Après l'avoir réduit en décimales on cherchera si par hasard il se trouverait exactement dans la table, et dans le cas contraire on notera les deux valeurs qui le comprennent. Si la plus voisine, ou, à son défaut, si l'autre est décomposable en facteurs convenables et si elle est suffisamment approchée, on pourra s'en tenir là.

S'il n'en est pas ainsi, on se servira des deux valeurs voisines qui remplissent les conditions fondamentales pour resserrer davantage l'approximation en les ajoutant terme pour terme par une application des deux lemmes précédents. Et l'on continuera ainsi jusqu'à ce que l'on obtienne une fraction dont les termes soient convenablement décomposables et dont l'approximation soit jugée suffisante.

La formation successive des fractions est des plus simples, mais il n'en serait pas de même du calcul de l'erreur si l'on devait pour la trouver réduire en décimales, par la division, tous les rapports trouvés. Mais on peut facilement trouver ces erreurs sous la forme de fractions ordinaires par des additions et des soustractions convenablement dirigées. C'est ce qui résulte du lemme suivant.

LEMME III. — Lorsqu'un rapport est représenté approximativement par deux fractions qui le comprennent et qu'on ajoute celles-ci terme à terme, la nouvelle erreur se déduit des deux premières en ajoutant de même les valeurs absolues de leurs dénominateurs et les valeurs algébriques de leurs numérateurs.

Soit, en effet, un rapport $\frac{A}{B}$ représenté approximativement par les deux fractions

$$\frac{a}{b} > \frac{A}{B} > \frac{a'}{b'}.$$

Les erreurs respectives sont, en mettant leurs signes en évidence :

$$\frac{A}{B} - \frac{a}{b} = -\frac{aB - bA}{bB},$$

$$\frac{A}{B} - \frac{a'}{b'} = +\frac{b'A - a'B}{b'B},$$

et l'erreur cherchée peut être mise sous la forme

$$\frac{A}{B} - \frac{a+a'}{b+b'} = \frac{(b'A - a'B) - (aB - bA)}{bB + bB},$$

ce qui démontre le théorème.

EXEMPLE DE CALCUL. — *Rouage de Mercure.* — Cherchons à réaliser par un rouage le rapport 87,96926 qui représente la durée de la révolution sidérale de Mercure.

En séparant la partie fractionnaire 0,96926, nous trouvons dans la table comme nombres voisins :

$$0{,}96923 = \frac{63}{65}, \quad \text{erreur} - 0{,}00003,$$

$$0{,}96938 = \frac{95}{98}, \quad \text{erreur} + 0{,}00012.$$

On prendra donc :

$$87 + \frac{63}{65} = \frac{5718}{65} = \frac{2.3.953}{5.13},$$

$$87 + \frac{95}{98} = \frac{8621}{98} = \frac{37.233}{2.7.7.}.$$

La première fraction est assez rapprochée, mais elle renferme le facteur irréalisable 953. La seconde serait plus facile à construire, mais elle est moins exacte et on peut souhaiter une approximation plus satisfaisante. On formera pour cela la série :

$$\frac{5718+8621}{65+98} = \frac{14339}{163} = \frac{13.1103}{163},$$

$$\frac{5718+14339}{65+163} = \frac{20057}{228} = \frac{31.647}{2.2.3.19},$$

$$\frac{5718+20057}{65+228} = \frac{25775}{293} = \frac{5.5.1031}{293},$$

$$\frac{5718+25775}{65+293} = \frac{31493}{358} = \frac{7.11.409}{2.179},$$

$$\frac{5718+31493}{65+358} = \frac{37211}{423} = \frac{127.293}{3.3.47}.$$

Ce dernier rapport peut, à la rigueur, se construire avec des roues de 127 et de 293 et des pignons de 9 et de 47. L'erreur qu'il laisse n'est plus que de 0,000007 ou moins de $\frac{1}{17}$ de la précédente. Une des erreurs étant positive et l'autre négative, la valeur intercalée est plus exacte que chacune des valeurs primitives.

ROUES DE VOITURE. Nous donnons à l'article VOITURES la théorie mécanique des roues de voiture et montrons comment elles offrent une admirable solution d'un des plus graves problèmes de l'industrie. Quant à leur fabrication, nous renverrons aux détails donnés à l'article SCIERIE sur leur fabrication mécanique.

Il est bien clair que c'est surtout à la fabrication des rais et des jantes que le travail de la scie avec la plate-forme mobile ou de petites scies circulaires parallèles (pour entailler les pattes des rais) s'applique aisément ; quant au moyeu, sa fabrication est essentiellement un travail de tour, puis à l'aide d'une plate-forme divisée, portant en son centre un axe avec écrou sur lequel se place le centre du moyeu et d'une tarière horizontale mue rapidement, creusant bientôt la place des rais, on abrège beaucoup le travail le plus difficile du charron. Les jantes sont préparées pour recevoir l'extrémité des rais de la même manière, et la roue fabriquée avec grande rapidité est fort bonne, si on a eu le soin, que la facilité du travail peut faire trop facilement oublier, de ne pas détruire la résistance du bois en entaillant mal à propos les fibres dont la continuité assure sa force et son élasticité.

Le travail du forgeron vient prêter une grande assistance à celui du charron pour donner à la roue toute sa solidité ; d'abord, par les frettes qui garnissent le moyeu en orme que la sécheresse ferait bientôt éclater, mais surtout par le cercle de la roue qui, mis à chaud

1. Ces tables ont été publiées à la fin de l'opuscule de M. Brocot. J'en donnerai le spécimen suivant pour faciliter l'intelligence de l'exemple numérique que je donne plus loin et montrer combien les écarts sont petits entre les nombres qui se suivent :

N.	D.	Fractions décimales
61	63	0,9682539683
92	95	0,9684210526
31	32	0,9687500000
94	97	0,9690721649
63	65	0,9692307692
95	98	0,9693877551
32	33	0,9696969697
97	100	0,9700000000
65	67	0,9701492537
33	34	0,9705882353

et serrant fortement tous les assemblages, fait un tout résistant d'un système qui, sans lui, ne saurait durer. Le danger est, en mettant le cercle trop chaud, de carboniser le bois de la roue trop profondément : aussi dans les ateliers les plus avancés emploie-t-on avec succès une plate-forme placée au-dessus d'un réservoir plein d'eau. Dès que l'embattage de la roue placée sur la plate-forme est terminé, on fait descendre dans l'eau cette plate-forme, soutenue sur un gros axe par un emmanchement à baïonnette.

Je ne dirai rien de la boîte métallique, du coussinet métallique, de l'essieu ni des ressorts, conditions capitales d'existence de la voiture moderne, puisqu'il en est traité en détail à l'article VOITURE.

ROUES DES CHEMINS DE FER. L'industrie des chemins de fer a fait naître et développer la fabrication des roues métalliques, qui, avant leur emploi sur ces admirables voies de communication, n'avaient été essayées que sur une bien petite échelle, en Angleterre seulement, comme pouvant être employées aussi avantageusement que les roues en bois. La parfaite élasticité du bois, sa légèreté, le rendaient bien préférable au fer sur des routes exposées à des chocs qui pouvaient donner facilement une flexion permanente à une tringle en fer évidemment bien moins convenable que le bois pour utiliser l'élasticité qui résulte de l'écuanteur (voy. VOITURE). Aussi c'était par un double système de tringles en fer, écartées au moyeu et convergentes vers la jante, qu'on était arrivé en Angleterre aux résultats les moins imparfaits, mais jamais ces roues n'étaient employées pour des voitures lourdes, à allures rapides, dont les roues éprouvent par suite des chocs destructeurs.

C'est l'absence de ces chocs sur les chemins de fer, et en même temps la réunion de tous les éléments en un seul tout par le travail de la forge, qui ont fait des roues en métal l'instrument essentiel de la locomotion à grande vitesse.

Dans l'article CHEMINS DE FER, on a passé en revue les divers systèmes de roues en fer et en fonte, lorsque celle-ci est d'une qualité supérieure, que la pratique des chemins de fer a fait adopter, et à l'article ACIER nous avons décrit l'importante fabrication de roues en acier de Krupp.

Nous compléterons ce travail en décrivant la fabrication des roues entièrement en fer, à peu près exclusivement employées pour les roues de locomotives.

Les roues ordinaires ont leurs centres coulés en fonte ; celle-ci assemble les rais en fer. La solidité des roues est bien plus grande quand elles sont fabriquées par la méthode Arbel, qui consiste à souder, en une seule chaude et dans une étampe, sous le choc d'un marteau puissant, toutes les parties de la roue préalablement assemblés à froid, et comprenant le moyeu, les rayons et la jante. L'expérience a démontré l'efficacité du procédé, la qualité supérieure des produits fabriqués.

ROUES ELLIPTIQUES. Nous avons déjà montré à l'article BIELLE que deux ellipses égales tangentes tournant (comme fig. 1) autour de foyers différents demeurent toujours en contact, peuvent se conduire par adhérence sans glissement, la tangente commune faisant toujours des angles égaux avec les rayons vecteurs menés des deux foyers au point de contact. C'est ce que montre bien le seul examen des courbes, ce qui résulte nécessairement de leur seule identité, si elles peuvent adhérer par simple contact, se coller en quelque sorte l'un à l'autre. Ce sont les ellipses primitives qui doivent servir au tracé de roues elliptiques, lorsqu'on a besoin d'un maximum et d'un minimum pendant un tour ; maximum égal à $\frac{a}{b}$, minimum à $\frac{b}{a}$, a et b étant les longueurs AH, AS du grand axe.

ROUES ELLIPTIQUES.

En faisant jouer à ces ellipses le rôle des circonférences primitives pour tracer les engrenages cylindri-

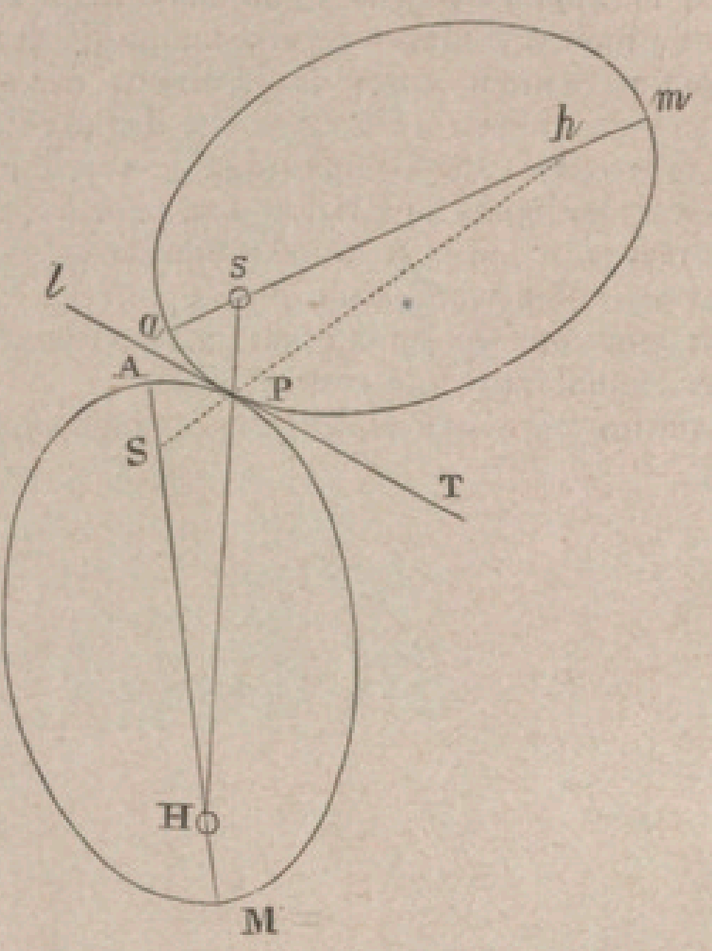


Fig. 1.

ques, on obtient le tracé des engrenages elliptiques employés dans diverses machines et dont nous avons donné des exemples à l'article MÉCANIQUE.

Si on a besoin de deux, trois ou plus maxima de vitesses, alternant par suite avec autant de minima pour chaque révolution des axes, on peut facilement faire dériver d'une paire d'ellipses égales des courbes primitives satisfaisant à ces conditions.

D'une manière générale, si un élément de courbe de roulement donné, est contenu respectivement dans les angles θ et φ, d'autres éléments renfermés dans les

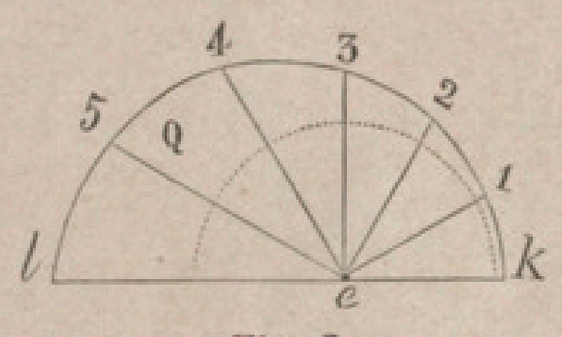


Fig. 2.

angles $m\theta$, $m\varphi$ peuvent être obtenus et se conduire de même en employant les mêmes rayons élémentaires, mais en contractant ou dilatant les petits écartements angulaires de ces rayons dans le rapport de 1 à m. Faisons l'application de cette méthode.

Soit une ellipse (fig. 2) tournant autour du foyer e,

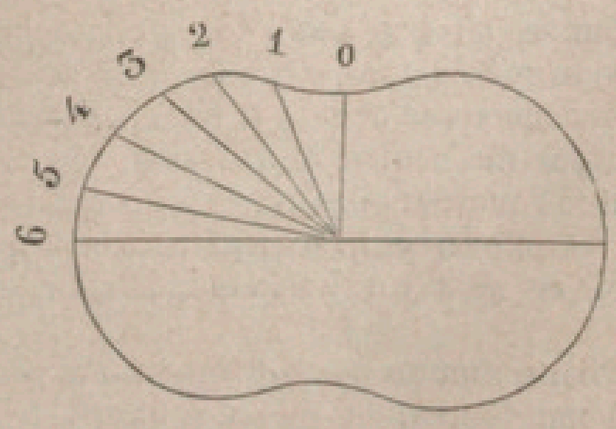


Fig. 3.

menons les rayons $e1$, $e2$, $e3$, ... $e6$, divisons en six parties égales l'espace au-dessus de l'axe, et par conséquent

coupant la courbe à des distances angulaires égales autour du centre.

Soit à construire une courbe dans laquelle les angles faits par les rayons avec la ligne des centres soient diminués de moitié, divisons en six un angle droit et de son sommet comme centre A décrivons des arcs passant par les extrémités des arcs avec des rayons égaux à ceux déterminés sur l'ellipse (fig. 3) jusqu'à leur rencontre avec les lignes de division aux points 1, 2, 3, ... 6; par ces points traçons une courbe, elle occupera le quart d'un cercle, et les autres trois quarts peuvent être remplis par des courbes semblables, alternativement retournées, complétant une courbe bilobe.

D'après les propriétés de l'ellipse, la somme des rayons

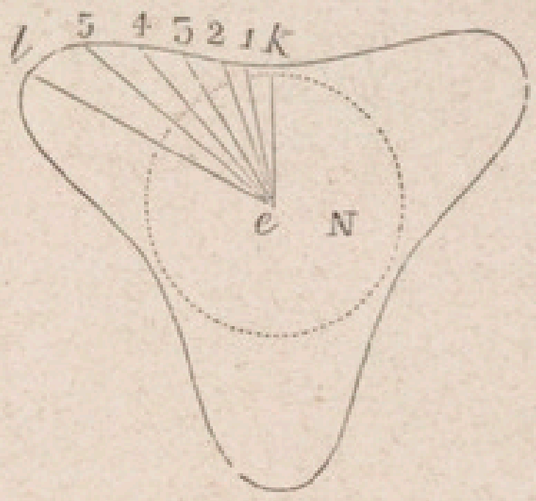


Fig. 4.

correspondants est constante; or la longueur des rayons contractés reste la même. Comme d'ailleurs les angles des rayons elliptiques sont contractés dans la même pro-

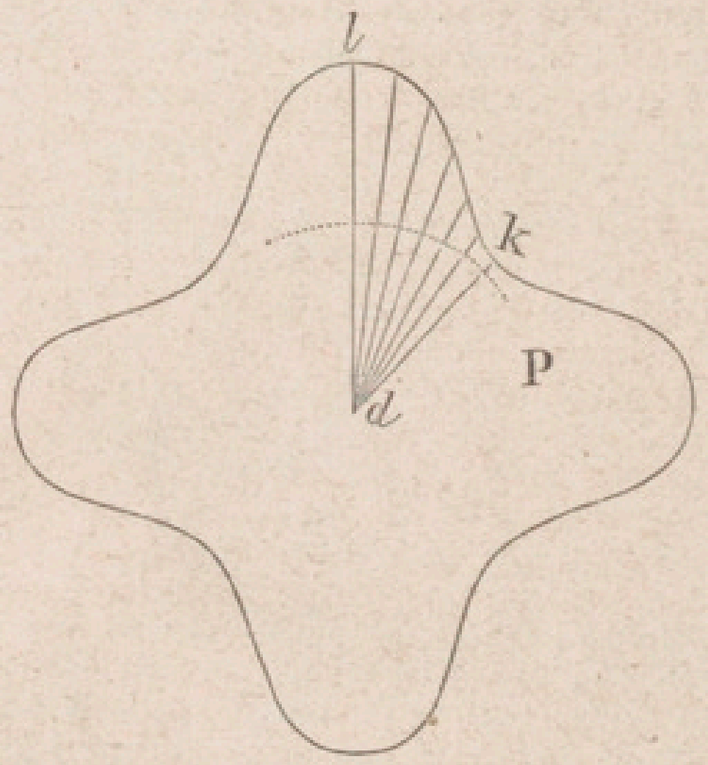


Fig. 5.

portion donnée, chaque paire de rayons opposés arrive en contact en même temps sur la ligne des centres.

Pour construire une courbe à trois saillies (fig. 4), on décrira autour du centre de rotation un cercle qu'on divisera en six secteurs égaux, chacun correspondant à la moitié d'une ellipse. Pour une courbe à quatre saillies (fig. 5), ce sera un huitième de tour et ainsi de suite.

Les courbes obtenues par cette méthode peuvent être employées par paires; bilobe avec bilobe, trilobe avec trilobe et ainsi de suite. Mais elles ne peuvent servir qu'autant que le nombre des saillies est le même dans chaque paire; car alors il est évident que, dans ce cas seulement, les rayons correspondants arrivent en même temps sur la ligne des centres.

Les recherches de M. Holditch (*Cambridge Transactions*, 1838) l'ont conduit à une construction simple qui permet d'obtenir des courbes à saillies multiples telles que les courbes peuvent fonctionner ensemble, quel que soit le nombre des saillies. Je donnerai ici, d'après Willis, la partie pratique de cette construction.

La fig. 6 représente la construction géométrique, et la fig. 7 montre l'ellipse unilobe, la courbe bilobe et la courbe trilobe.

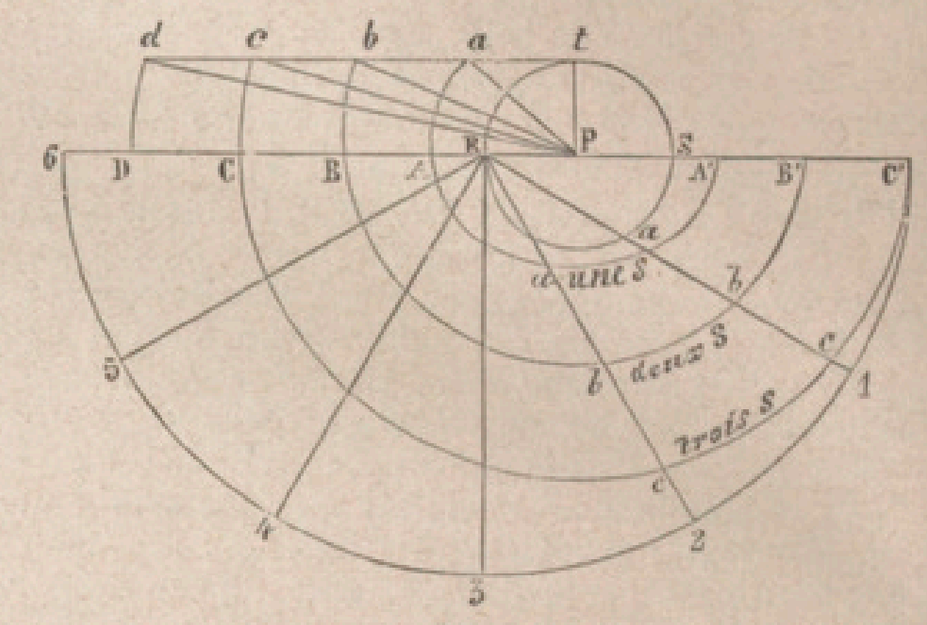


Fig. 6.

Dans la fig. 6, soit P le centre de l'ellipse donnée qui est la base du système. Menons par P une ligne indéfinie passant par les deux foyers R et S, et traçons le grand

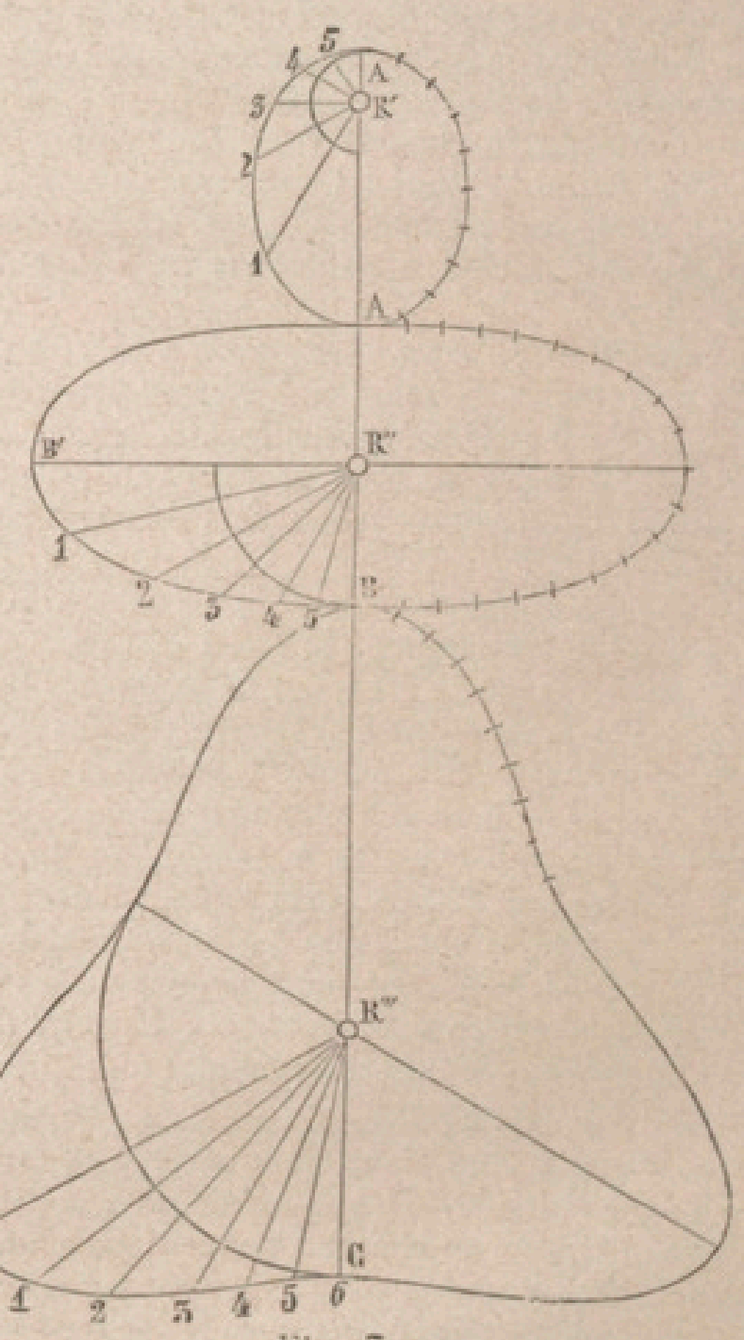


Fig. 7.

axe AA'; avec ces éléments la demi-ellipse peut être construite. D'un des foyers comme centre, et avec un rayon suffisant comme RC' décrivons une circonférence que l'on divise par des rayons en parties égales. Sur le dessin la demi-circonférence a été divisée en six parties seulement, mais pour un tracé exact des courbes on devra employer un plus grand nombre de divisions.

Du centre P et avec un rayon égal à la moitié de la

distance focale traçons un cercle auquel nous mènerons une tangente indéfinie *td* parallèle au grand axe, et autour du centre P et avec le rayon PA = demi-grand axe, traçons un arc de cercle qui rencontre la tangente *td* en *a*. Sur *td* avec la distance coustante *ta*, traçons les points *b*, *c*, *d*... et joignons ces points à P par les droites *Pa*, *Pb*, *Pc*, etc., qui seront les hypothénuses d'une série de triangles rectangles, ayant un même côté P*t* = la demi-distance focale de l'ellipse primitive.

A partir du centre P, prenons sur la ligne PD les distances PA = P*a*, PB = P*b*, PC = P*c*, etc.

Ces distances sont les demi-grands axes d'une série d'ellipses concentriques avec des foyers communs R et S. La plus petite AA' se rapporte à la courbe à une saillie, la suivante BB' à une courbe à deux saillies, la troisième CC' à une courbe à trois saillies et ainsi de suite pour une courbe d'un nombre quelconque de saillies. Deux des courbes qu'elles servent à obtenir peuvent rouler ensemble quel que soit le nombre de boucles.

Le mode de construction est représenté fig. 7. Pour une unilobe, l'ellipse est tracée en prenant R' pour centre de rotation, et une circonférence décrite autour de R' est divisée par douze rayons équidistants, dont les longueurs sont celles données par une ellipse AA', fig. 6.

Pour une courbe à deux boucles, dont le centre est en R", chaque demi-boucle est divisée comme précédemment en six angles égaux, et les longueurs des rayons R"B', R"1, R"2, etc., sont prises sur les lignes de la fig. 6, rayonnant du foyer R de l'ellipse B'B, et portées dans le même ordre.

Semblablement la courbe à trois lobes, fig. 7, est divisée d'abord en six angles, renfermant chacun une demi-boucle comme C'R"C, et les longueurs des rayons qui divisent les demi-boucles prises sur l'ellipse qui se rapporte à la courbe à trois lobes.

Comme il a été dit plus haut, les courbes elliptiques obtenues ainsi qu'il vient d'être indiqué, servent à déterminer les formes des dents dont il faut les munir pour déterminer, en surmontant des résistances notables, un mouvement identique avec celui que produiraient les courbes elliptiques par simple contact, sans roulement. On les construit pratiquement comme celles de roues circulaires ayant des circonférences primitives, se confondant sensiblement avec la partie de la courbe considérée.

ROUES HYDRAULIQUES. Voyez **HYDRAULIQUE.**

ROUISSAGE. Voyez **LIN.**

ROULEAU COMPRESSEUR. Les routes en empierrement, dans un bon état d'entretien, ont de grands avantages sur les routes pavées; d'une construction moins coûteuse et d'un parcours plus facile, elles se prêtent très-bien aux grandes vitesses que l'on recherche tant de nos jours; aussi sont-elles actuellement presque universellement adoptées.

Dans les anciennes routes en empierrement, on posait sur le sol de larges pierres plates, surmontées de grosses pierres placées de champ; une couche de pierres cassées était répandue sur cette fondation et renfermée entre deux bordures parallèles en pierres de grandes dimensions; le tout formait une chaussée très-dispendieuse à établir et à entretenir, et très-cahotant quand les pierres placées de champ étaient en partie découvertes par l'action du roulage.

Dans le système de Mac-Adam, une des plus grandes inventions du dix-neuvième siècle, on compose simplement la chaussée d'une seule couche de cailloutis dont l'épaisseur varie de 0m,15 à 0m,30 et qui repose immédiatement sur le sol; l'économie qui résulte de la double suppression de la fondation et des bordures compense bien au delà l'augmentation de dépense qui résulte du cassage de la pierre en petits fragments.

Une chaussée neuve à la Mac-Adam composée, comme nous l'avons dit, d'une seule couche de cailloutis, est à peine praticable. Les voitures ne peuvent la parcourir que très-lentement et avec une grande dépense de force. Les roues, qui séparent facilement les éléments mobiles de l'empierrement, creusent des ornières, écrasent et broient une grande partie des matériaux, qui passent à l'état de poussière et de boue, et qu'il faut remplacer successivement par de nouveaux matériaux. Les ornières se reproduisent sans cesse et ce n'est qu'à la longue, après des réparations continuelles et dispendieuses, que les divers éléments de la chaussée mêlés avec les détritus, finissent par se lier et par former une masse résistante et compacte. Cette consolidation de la chaussée attendue longtemps de l'action lente, irrégulière et destructive des roues peut s'opérer directement par des moyens simples et économiques. Notre célèbre ingénieur, Polonceau, fut le premier qui remplaça l'action incertaine des roues des voitures par la pression uniforme d'un lourd et grand cylindre ou *rouleau compresseur;* pour opérer rapidement la consolidation de la chaussée, il eut recours au mélange de pierres dures avec des pierres tendres, des graviers liants et des détritus de vieilles chaussées. Il publia en 1829 un mémoire sur l'application qu'il avait faite de ce procédé dans le département de Seine-et-Oise. Les bons effets de cette méthode ont été constatés en France et à l'étranger, toutes les fois que l'on a rempli la double condition d'une pression suffisante et d'un mélange convenable de matériaux qui puissent se lier facilement; cependant elle ne s'est répandue que très-lentement. En France, on emploie surtout des cylindres très-pesants de 1m,50 à 2 mètres de longueur et d'un grand diamètre, pesant de 7.000 à 9.000 kilogrammes, et d'une manœuvre difficile; en Allemagne on préfère un cylindre plus léger à faible diamètre et d'une manœuvre plus facile; son usage, introduit en France par M. Schattenmann, serait, d'après ce dernier, plus efficace que celui du cylindre pesant, qui écrase en partie les pierres et ne comprime la chaussée qu'à la surface, tandis que le cylindre léger, exerçant une pression près de moitié moindre, mais qui détermine sur toute l'épaisseur de l'empierrement des mouvements ondulatoires qui produisent un enchevêtrement complet des matériaux qui composent la chaussée. Il est sûrement suffisant dans la plupart des cas.

M. Schattenmann porte l'épaisseur de la chaussées dans son axe à 0m,20, avec un bombement de 0m,06 par mètre; le fond de la forme et l'encaissement qui doit recevoir les matériaux est aussi un peu bombé, environ 0m,04 par mètre, afin que l'empierrement conserve une certaine épaisseur jusque sur les bords de la route. Le bombement réduit, auquel on arrive après la compression, est suffisant pour l'écoulement de l'eau quand la chaussée est unie.

L'empierrement peut s'établir sur un sol quelconque, quelle que soit sa nature; cependant, s'il était par trop mou, on pourrait le raffermir un peu par un passage du rouleau compresseur; on place les matériaux, réduits par le cassage à 0m,06 de diamètre, dans le fond de l'encaissement; ceux plus petits sont réservés pour la surface; s'il en reste à la surface qui aient plus de 0m,04, on les casse sur place ou bien on les enlève à la main. Ces matériaux plus ou moins durs, plus ou moins liants, peuvent être rapprochés, enchevêtrés par une forte pression, mais cela ne suffit pas pour qu'ils forment immédiatement une couche compacte et imperméable; il faut nécessairement incorporer dans l'empierrement une matière ténue pour remplir les vides et opérer la liaison de toutes les parties. La consolidation des chaussées par le cylindrage repose sur ce double principe de la compression et du mélange des matériaux avec une matière d'agrégation; cette matière doit être de telle ou telle espèce suivant la dureté des matériaux de l'empierrement et leur facilité à se lier. Avec des ma-

tériaux durs, sans liant, comme les pierres siliceuses, les granites, les quarz, etc., on prend, pour opérer l'agrégation, la marne, les calcaires tendres, les terres fortes, etc., qui se lient facilement; mais avec des calcaires d'une certaine dureté, on emploie du sable. Enfin, les détritus des chaussées sont, dans tous les cas, une bonne matière agglomérante.

Le rouleau compresseur employé par M. Schattenmann consiste dans un cylindre creux en fonte de 1m,30 de diamètre et de même longueur; aux extrémités de son axe, en fer forgé, sont placés deux coussinets qui supportent un fort cadre, surmonté d'une caisse carrée, qui peut recevoir, en pierres ou en pavés, une charge de 3.000 kilogr.; à l'aide de deux timons assemblés à la charpente du cadre, on peut atteler les chevaux devant et derrière, ce qui dispense de faire tourner le rouleau sur place. A vide, tout le système pèse 3.000 kilog., et à pleine charge 6.000 kilog.

Quand la chaussée est préparée et chargée de cailloutis, on procède au cylindrage qui comprend deux opérations bien distinctes : le compression des matériaux et leur agglomération.

1° La compression est produite par deux tours ou deux passages du rouleau à vide, faisant une charge de 3.000 kil., par deux tours à mi-charge correspondants à 4.500 kil. et par deux tours à charge entière, ou à 6.000 kil. Pendant ces six premiers tours du rouleau, on est obligé, dans une grande sécheresse, d'arroser les matériaux pour qu'il glissent mieux les uns sur les autres et s'enchevêtrent plus facilement.

2° L'agglomération s'opère en continuant de comprimer avec le rouleau à pleine charge; mais après chaque tour on étend, à la surface de la chaussée, une légère couche de matière liante, sèche, réduite en poudre, et choisie convenablement suivant la nature des matériaux de l'empierrement. Le volume de la matière d'agrégation est d'environ 15 p. 100 du cube des matériaux qui constituent l'empierrement. Six tours de rouleau suffisent dans cette seconde période de la consolidation.

Le cylindrage réduit au minimum de douze tours de rouleau pourra, dans une journée, s'étendre à 200 ou 300 mètres de longueur et couvrir une surface de 1.500 à 2.000 mètres carrés; ce travail s'exécute avec six chevaux sur des routes à pentes ordinaires; on en emploie huit quand les pentes dépassent 0m,04 à 0m,05 par mètre. Le succès de l'opération dépend principalement de la nature de la matière d'agrégation et de son introduction dans l'empierrement; elle doit remplir les vides qui restent entre les matériaux, et les envelopper en partie d'une espèce de gangue qui se consolide en séchant. Quand le rouleau marche pendant la compression, il s'enfonce peu dans l'empierrement, même au premier tour; on remarque seulement en avant une agitation analogue à celle qui a lieu dans un liquide refoulé; la pression de la surface se transmet de proche en proche, les pierres glissent les unes sur les autres, et il se forme une espèce de feutrage; les vides qui existaient d'abord se remplissent en partie par les matériaux eux-mêmes. L'ondulation en avant du rouleau diminue graduellement au fur et à mesure que les pierres se casent et perdent leur mobilité; de là résulte, dans l'épaisseur de la chaussée, une diminution d'environ un sixième pour la meulière cassée, et un peu moindre pour les cailloux roulés.

Le saupoudrage de la matière d'agrégation s'opère partiellement par couches minces, pour qu'elle pénètre facilement dans l'empierrement. Pendant ce travail l'ondulation diminue rapidement; elle s'éteint bientôt, et la matière d'agrégation reste à la surface; c'est le signe certain que l'on peut cesser le cylindrage; cela arrive ordinairement après une douzaine de passages. On répand alors sur la matière d'agrégation restée à la surface de la chaussée une couche de 0m,01 de sable ou de gravier fin, pour couvrir les pierres, amortir l'action des pieds des chevaux, et empêcher les dégradation à la surface et l'adhérence aux roues des matière grasses qui n'ont pas pénétré dans la masse. Dans cet état, il faut encore que la chaussée soit mouillée par la pluie ou par un arrosage abondant; elle peut ensuite être livrée immédiatement à la circulation. Elle n'est cependant pas encore entièrement consolidée; ce n'est qu'après une dessiccation d'environ deux mois que toutes ses parties sont bien liées et qu'elles forment une masse compacte et imperméable. Si, après le cylindrage, il survenait des pluies continuelles et ensuite des gelées, la chaussée se consoliderait difficilement. Il ne faut donc pas entreprendre ces opérations en hiver ou à l'entrée de l'hiver.

Rouleau compresseur à vapeur. — Cette machine consiste en une locomotive routière à très-petite vitesse, une *traction-engine*, dans laquelle le mouvement des pistons se transmet d'un axe mu par la vapeur à deux gros cylindres compresseurs, qui portent tout le système, par l'intermédiaire de fortes chaînes de Galle. En modifiant légèrement le parallélisme des deux cylindres, on peut faire décrire à la machine des mouvements courbes, lui faire suivre la sinuosité d'une chaussée.

Le rouleau ordinaire, attelé de chevaux, a un grand inconvénient pour le cylindrage : les pieds de chevaux, agissant en avant du rouleau, sur un empierrement qui n'est pas encore amené à sa résistance définitive, déplacent les pierres et détériorent la forme que l'on se propose de consolider. La machine à vapeur, avançant lentement sur un empierrement neuf, supprime complétement ce défaut.

Quand une chaussée empierrée est usée, on la recouvre d'une couche de matériaux, que l'on consolide au moyen du rouleau compresseur, en suivant la même marche que pour une chaussée neuve; seulement, dès les premiers tours du rouleau, par un temps pluvieux, ou à la suite d'un arrosage convenable, il faut saupoudrer avec la marne le sable ou les détritus, pour lier promptement les parties de la nouvelle couche entre elles et à la superficie de l'ancienne chaussée, qu'il n'est pas nécessaire de piquer préalablement.

ROUTES. La construction des routes a pour objet de diminuer, autant que possible, les résistances des voitures qui les parcourent, résistances provenant soit du roulement des roues sur le sol, soit de la dépression du sol de la route s'il n'est pas assez résistant, soit enfin de la gravité lorsqu'il y a des pentes à gravir

Pour construire une route, on doit donc : 1° s'occuper de la direction et du tracé; 2° déterminer le profil en long; 3° le profil en travers : 4° le mode d'exécution des terrassements, la construction de la chaussée. Nous allons passer en revue ces différentes parties de la question.

De la direction. On entend par direction l'indication des principaux points que la route doit relier entre eux. Généralement l'administration fixe les deux points extrêmes de la route. Ce sont des considérations ou militaires ou commerciales qui les déterminent. Quand les points à réunir sont séparés par une chaîne de montagnes, la direction la plus avantageuse à suivre n'est pas le plus souvent la ligne droite, la détermination de la direction générale de la route devient d'une extrême importance.

Le plus important dans cette circonstance est de déterminer d'abord le point le plus bas de la chaîne; on ne peut le plus souvent y parvenir par la seule inspection des lieux. Par le nivellement on perdrait beaucoup de temps et on dépenserait beaucoup, sans arriver à un résultat bien certain. Ce n'est que depuis peu que M. Brisson a résolu ce problème, en se fondant sur des considérations de géographie physique.

Les recherches de ce célèbre ingénieur l'ont amené à cette certitude qu'il existe une relation entre les faîtes des montagnes et les cours d'eau ou thalwegs (thalweg signifie le chemin de la vallée). M. Brisson part de l'observation de la concordance des pentes des montagnes et des thalwegs des cours d'eau formés par les eaux qui coulent sur celles-ci, pour déterminer le point le plus bas du faîte d'une chaîne de montagnes.

On conçoit, en effet, qu'avec une carte bien faite, telle que celle du dépôt de la guerre en France, ou les feuilles de Cassini, on puisse, par les relations qui existent entre les thalwegs qui servent de lit aux ruisseaux, aux rivières, aux fleuves, et qui se trouvent rapportés exactement sur ces cartes, prévoir à priori la position des points les plus bas des chaînes de montagnes qui séparent deux bassins consécutifs; ainsi, puisque les pentes des faîtes et des thalwegs sont toujours situées dans le même sens :

1° Un faîte principal rencontré par plusieurs faîtes secondaires donne un maximum absolu au point de rencontre;

2° Deux thalwegs rencontrant un faîte donnent un minimum relatif;

3° Si deux thalwegs parallèles viennent à diverger dans des sens opposés, on doit trouver un minimum en prolongeant la direction des thalwegs jusqu'au faîte;

4° Deux thalwegs en sens contraire et parallèles présentent toujours sur le faîte un point minimum dans l'intervalle qui sépare les deux sources.

On peut donc, à l'aide de ces considérations, déterminer le point le plus bas d'une chaîne de montagnes : c'est généralement ce point qui devra déterminer la direction de la route, afin de ne pas monter pour redescendre ensuite et pour diminuer la dépense; car l'élévation augmente le développement de la route.

Quand la direction générale d'une route est ainsi déterminée par les considérations administratives ou de géographie physique, on doit s'occuper de déterminer les points intermédiaires. Cette détermination constitue le tracé : nous allons nous en occuper.

Du tracé. 1° Si le sol est plat et si le terrain n'a dans aucune partie une pente plus considérable que celle que l'on a adoptée comme limite, et s'il ne se trouve aucun obstacle au tracé en ligne droite, on l'adopte; 2° quand le sol est accidenté et qu'un tracé en ligne droite exige l'achat de propriétés importantes ou de constructions particulières, on étudie un tracé brisé de manière à éviter une partie de ces inconvénients : on doit toujours, dans ces tracés, chercher le trajet le plus court et le sol le plus favorable à l'établissement de la route; 3° si le sol est très accidenté, il faut, pour exécuter le tracé, un nivellement et un plan; 4° dans les montagnes, on suit les vallées en évitant les inondations, et l'on descend d'un faîte dans la vallée en suivant le versant d'une chaîne secondaire.

Détermination du profil en long. Dans le cas où l'alignement est rectiligne, le problème est toujours facile à résoudre : on peut d'un des points apercevoir l'autre, et alors avec des jalons on trace la ligne. Si d'un point intermédiaire on aperçoit les deux autres, on emploie encore les jalons, et on tâtonne leur place définitive jusqu'à ce que l'on arrive à faire passer un alignement par les deux points donnés. Enfin, si des obstacles cachent les points à la vue, on rattache ces deux points en levant un plan sur lequel on les rapporte.

Quand deux alignements rectilignes se coupent, ils sont toujours réunis par une courbe d'un rayon suffisant.

Dans le profil en long, on doit surtout avoir en vue l'économie de la force motrice, et, à cet effet, chercher à concilier les deux conditions, d'obtenir en même temps des pentes très douces et une longueur minimum. Ces conditions, auxquelles on ne peut souvent satisfaire d'une manière absolue qu'au prix de terrassements et de travaux considérables, forment de limites dont on se rapproche en raison de l'importance de la route. On ne doit pas admettre, en tous cas, de pente maximum de plus de $0^m,07$ par mètre pour ne pas accroître dans une trop forte proportion la fatigue du cheval, ou le poids utile qu'on peut lui faire traîner. Pour l'écoulement des eaux, il ne faut pas que la pente minimum soit moindre que 0,02.

Profils en travers. Quand le profil en longueur est terminé, on fait le levé d'autant de profils en travers qu'il est nécessaire pour connaître en chaque point la disposition du terrain qui doit recevoir la route, et sur ces mêmes profils, en travers du terrain, on dessine le profil en travers de la route.

Deux profils consécutifs étant tracés, il faut pouvoir déterminer le volume de déblais ou de remblais nécessaires pour obtenir la route projetée; on considère la surface du terrain et celle du projet comme engendrées par des droites s'appuyant à la fois sur les profils en travers et restant parallèles au plan vertical passant par l'axe; on fait les profils en travers assez rapprochés pour que l'on puisse admettre sans erreur sensible que la droite génératrice se confond toujours avec le terrain.

La route peut, par rapport au sol, être :

1° *Au niveau du sol.* Son établissement se réduit alors à la construction de la chaussée et au creusement de fossés latéraux pour recevoir les eaux pluviales qui y parviennent par suite de la forme bombée de la route;

2° *En remblai*, c'est-à-dire établie sur des terres rapportées. La surface supérieure n'a que la largeur nécessaire pour la chaussée et les accotements, que l'on doit garnir de garde-fous pour prévenir les accidents;

3° *En déblai*, c'est-à-dire enfoncées dans le sol. Dans ce cas la route doit être munie de fossés qui reçoivent les eaux des talus du déblai. Si la place manque et que la pente soit assez forte, on peut se contenter de simples ruisseaux disposés au pied des talus ou des déblais;

4° Enfin, *partie en déblai, partie en remblai;* c'est toujours ainsi que s'établit une route qui gravit le flanc d'une montagne. Les parties déblayées sur l'un des côtés de la route servent à remblayer l'autre partie. Dans ce cas la chaussée, au lieu d'être bombée, doit être inclinée en allant du remblai vers le déblai, afin d'éviter les accidents.

Déblais et remblais. Supposons d'abord que les profils soient en remblais ou en déblais, il sera facile de déterminer le volume en menant des plans verticaux parallèles à l'axe de la route, de manière à diviser le volume total en un certain nombre de volumes partiels dont on pourra regarder toutes les surfaces comme planes, il sera facile de cuber le solide. Si l'un des profils est en déblais, l'autre en remblais, les intersections des génératrices formant la surface de la route avec la surface du terrain donnent la ligne de séparation entre le déblai et le remblai, et les solides à cuber sont sensiblement des pyramides triangulaires tronquées. On agit ici, pour opérer la cubature, comme dans le cas précédent, on divise le tronc de pyramide de manière à faire le moins d'erreurs possible.

Enfin, si les profils sont partie en déblais, partie en remblais, on retombe évidemment dans les cas précédents que nous avons déjà examinés.

Dans un projet, on fait rapidement le calcul des déblais et remblais : le calcul exact serait trop long, on ne fait ce calcul avec exactitude qu'au moment où le projet est adjugé. Ce calcul sert à établir le compte de l'entrepreneur et se fait en sa présence, et alors on doit indiquer sur les dessins les diverses natures de terrain; car la fouille varie de prix avec la nature du sol.

Nous ne nous occuperons point ici d'évaluer les distances de transport des terres qui proviennent des déblais au point où elles doivent servir de remblais ; nous rappelons seulement que cette question, qui est toute administrative, exige les soins de l'ingénieur qui dirige les travaux. Elle influe puissamment sur le prix de revient de la route, et l'on doit s'efforcer de disposer le travail de manière à faire les transports les moins longs qu'il est possible.

Les différents modes de transport sont rappelés dans le tableau suivant, avec le prix du transport pour une certaine distance :

	mètres	fr. cent.
1 mètre cube de terre transporté à la brouette à une distance de. .	30	coûte 0,10
1 mètre cube de terre transporté au camion à la distance de. . . .	90	— 0,18
1 mètre cube de terre transporté au tombereau à une distance de. .	90	— 0,24
1 mètre cube de terre élevé au bouriquet à une distance de. . .	4,95	— 0,50
1 mètre cube de terre transporté sur chemin de fer par des chevaux à une distance de.	100	— 0,16
1 mètre cube de terre transporté sur chemin de fer par une locomotive à une distance de.	100	— 0,26

Généralement on emploie les brouettes jusqu'à 100 mètres; puis vient le camion jusqu'à 132 mètres; à 132 mètres jusqu'à 200, on se sert d'un seul tombereau ; à 200 mètres, on en prend deux, et ainsi de suite. On augmente le nombre des tombereaux avec la distance.

Construction des chaussées. Les chaussées sont, ou formées de matériaux réguliers et volumineux, et prennent alors le nom de chaussées pavées, ou bien de matériaux, sans forme déterminée, enchevêtrés les uns dans les autres ; dans ce dernier cas, on les appelle chaussées en empierrement.

Chaussées pavées. Les matériaux que l'on emploie pour l'exécution des chaussées pavées sont les grès, le granite, le basalte, le porphyre, le schiste et la pierre calcaire. Tous ces matériaux sont taillés en forme cubique ; les cailloux roulés, que l'on emploie quelquefois, se posent tels qu'ils sont. Quelle que soit la nature des pavés formés avec ces matériaux, ils reposent tous sur une couche de sable de $0^m,10$ à $0^m,15$ d'épaisseur. Sur les routes, les pavés sont maintenus contre le mouvement latéral par des pavés de plus grande dimension que l'on nomme bordures. Lors de la construction d'une chaussée on commence par faire un encaissement qui permette de recevoir le sable et les pavés, on dispose les pavés par rangées perpendiculaires à l'axe de la route, et toujours on apporte le plus grand soin à croiser les joints. On doit placer du sable dans les joints, puis au-dessus de l'ouvrage, quand le pavage est terminé ; cet ensablement a pour but de terminer les garnitures des joints. Ces joints ont généralement $0^m,02$ à $0^m,025$ d'épaisseur, à cause des faces bombées qu'ils présentent. Après la pose et avant l'ensablement de la surface, la chaussée est dressée avec soin en frappant successivement sur chaque pavé avec un hic de 35 à 40 kil. Voyez PAVAGE.

Quand les eaux doivent s'écouler au milieu des rues, on doit établir la chaussée avec des pavés creusés, ayant une longueur égale à un pavé et demi ; de cette manière le pavage dure longtemps et les eaux s'écoulent facilement.

Chaussées en empierrement. Les chaussées en empierrement se construisent de diverses manières, suivant la nature du sol qu'elles doivent recouvrir.

Si le sol est peu consistant, on place au fond de l'encaissement des pierres plates destinées à soutenir la chaussée. Sur ces pierres plates on pose des pierres qui ont environ $0^m,15$ à $0^m,20$ de hauteur, et les joints qu'elles présentent sont remplis par de petits cailloux qui forment la surface de la route. Les bordures de ces routes sont formées par des matériaux irréguliers que l'on pose toujours sur leur face la plus large pour leur donner plus de stabilité.

Quand le terrain est assez bon il est inutile d'employer les pierres plates ; on pose directement sur le sol les pierres, de $0^m,15$ à $0^m,20$, entre les interstices desquelles s'enchevêtrent les petits cailloux.

Si le sol est très bon, il peut suffire de répandre sur le sol une épaisseur de $0^m,15$ à $0^m,20$ de petits cailloux.

Les principaux matériaux employés à la construction des chaussées en empierrement sont le muschelkalk, le calcaire dur et le silex argileux. La partie supérieure est, dans tous les cas, formée de petites pierres, dont la plus grande dimension n'excède jamais $0^m,06$.

Dans le cas d'un mauvais terrain, on consolide le sol par deux lits de fascines placés perpendiculairement. Cette disposition assèche la route et empêche les tassements partiels.

Si la chaussée est dans un sol de glaise, il faut faire des pierrées de distance en distance qui aboutissent à la forme dans les fossés par les lignes de plus grande pente, le but de ces pierrées est d'empêcher les eaux pluviales de séjourner dans la forme. Ces pierrées sont de petits canaux formés de pierres espacées de $0^m,10$ à $0^m,20$, et recouvertes par des pierres plates.

Dans les pays de montagnes, les eaux qui s'écoulent en abondance sur les routes les détériorent rapidement. On évite cet effet en construisant de distance en distance des espèces de bourrelets, appelés écharpes, qui forcent les eaux à s'écouler dans les fossés. Si les descentes sont très longues et que la pente soit de plus de $0^m,02$ par mètre, on dispose les fossés en gradins, pour éviter les effets de la grande vitesse que les eaux ne tarderaient point à atteindre.

Chaussées à la Mac-Adam. Un important perfectionnement a été apporté à la construction des chaussées en empierrement par l'invention de ce système aujourd'hui employé presque exclusivement. Il consiste principalement dans l'emploi de pierres cassées sur une épaisseur de $0^m,15$ à $0^m,30$ suivant le poids des voitures. Des cailloux cassés placés sur une aussi grande épaisseur forment une route qui ne se laisse pas pénétrer par les roues, et, s'appliquant également sur toute la surface du sol, rendent toute fondation inutile. A l'ouverture d'une route neuve il faut avoir soin de réparer les ornières qu'y font nécessairement les premières voitures, avant que les matériaux ne soient bien liés.

On obtient une liaison plus intime encore en mélangeant avec les cailloux brisés du sable fin ou mieux des pierres très tendres, comme l'a proposé M. Polonceau. En effet, les pierres cassées ne se touchant que par un petit nombre de points, les angles seront détruits par la pression des roues des voitures, et il se produira pendant longtemps des dépressions et des ornières. Mais si les vides sont remplis la route fera un tout solide d'une grande résistance.

La chaussée exécutée avec un mélange de pierres dures et tendres peut être comparée, dit M. Polonceau, à un banc de pierres de dureté moyenne, en forme de brèche, dans laquelle la pierre tendre forme la gangue ou le ciment général qui enveloppe et lie les fragments de pierre. A ce système se lie avec grand avantage, pour rendre la voie immédiatement excellente, l'emploi de ROULEAUX COMPRESSEURS destinés à mettre les matériaux à leur place, à former la route que les voitures ne pourront plus entamer. Ces rouleaux en fonte, de $1^m,50$ de largeur, 2^m de diamètre, chargés de 6 à 8000 kil., passant à plusieurs reprises sur les chaussées, forcent les pierres à s'enchevêtrer les unes dans les autres, et

en ayant soin d'arroser en même temps la route à grande eau, les matières fines entrent dans tous les interstices qui sont restés vides. On obtient un tassement suffisant en cylindrant chaque partie de la chaussée 12 ou 15 fois.

Comparaison des diverses routes. La résistance au roulement paraît pouvoir être évaluée sur les chaussées sèches et en bon état, et pour nos voitures habituelles de roulage, à 1/50 du poids sur les routes pavées et à 1/35 à 1/40 sur les routes en empierrement.

La chaussée pavée a donc un notable avantage sur la chaussée à empierrement, sous le point de vue de la traction; cependant sur cette dernière il n'y a point de chocs, les voitures fatiguent moins : le frottement de roulement des voitures est plus considérable, parce que la chaussée est moins dure et se laisse toujours pénétrer par les roues.

Quand la vitesse est considérable, les bonnes routes en empierrement deviennent plus avantageuses à cause de l'absence des chocs, comme l'ont démontré les expériences de M. Morin.

Entretien des routes. Nous nous occuperons d'abord des routes pavées, leur entretien consistant en *relevé à bout* et en *entretien simple*.

Le relevé à bout s'exécute en démontant une portion de chaussée. On enlève la forme mélangée de terre, puis on la remplace par du sable neuf, et on établit sur cette nouvelle forme un pavage formé de pavés neufs en partie, et d'anciens pavés dont les dimensions sont encore convenables.

L'entretien simple a pour but de remplacer les pavés cassés et à relever les parties du pavé qui sont enfoncées (flaches). Ce travail exige autant de soin que le relevé à bout pour le travail de la forme et le choix des pavés.

Dans Paris, les relevés à bout s'exécutent dans les quartiers les plus fréquentés de six en six ans; quelquefois, pour les parties exécutées sur mauvais terrain, de trois en trois ans. Dans certaines rues peu fréquentées on est quelquefois vingt ans avant d'exécuter un relevé à bout.

On ne peut rien dire pour l'entretien simple, ce travail est pour ainsi dire de tous les instants. A Paris il est confié à des entrepreneurs qui en acceptent la responsabilité.

Chaussées en empierrement, leur mode d'entretien. Ce n'est que depuis peu de temps qu'on a établi en France un système d'entretien convenable pour ces chaussées; on a d'abord satisfait à ces deux conditions indispensables :

1° L'établissement sur la route d'ouvriers, toujours disposés à l'exécution des travaux;

2° L'approvisionnement des matériaux sur les accotements.

Autrefois l'entretien des chaussées consistait à recharger les chaussées à l'arrivée de l'hiver, et à mélanger ainsi les pierres avec la boue qui couvrait la route. Aujourd'hui, grâce à l'influence des beaux résultats des routes macadamisées, on ne recharge que les parties détériorées de la route et sur de fortes épaisseurs; le travail des cantonniers consiste surtout à enlever la boue après les moments de pluie, à faire écouler les eaux, enfin à combler les ornières.

Pour que la surveillance des travaux soit rigoureuse, les cantonniers, chefs des ouvriers, sont surveillés par des piqueurs, qui le sont eux-mêmes par les conducteurs, et ces derniers par les ingénieurs. GIBON.

RUBIS. On distingue deux sortes de rubis, le rubis proprement dit ou *rubis oriental* et le *rubis spinelle*. Le rubis oriental appartient au genre *corindon* ou *télésie;* c'est de l'alumine sensiblement pure, colorée en beau rouge par de l'acide chromique. C'est le plus dur des corps connus après le diamant, et sa valeur est souvent égale et même quelquefois supérieure à celle de cette dernière pierre précieuse; sa densité est de 3,9 à 4,3. Le rubis spinelle est un composé d'alumine et de magnésie dont la densité est de 3,6 à 3,7 et beaucoup moins estimé que le précédent; on donne le nom de *rubis balai* à une variété de rubis spinelle de qualité inférieure. On donne aussi le nom de rubis à plusieurs pierres précieuses rouges moins estimées que les précédentes; ce sont : 1° le rubis du Brésil ou *topaze rose*, colorée naturellement ou artificiellement au moyen de la chaleur; 2° le rubis de Bohême ou *grenat pyrope;* 3° le rubis de Sibérie ou *tourmaline rouge*.

S

SABLE. On désigne sous le nom de sable les fragments de rochers réduits en particules très petites et parmi lesquelles domine la silice, car les calcaires purs se réduisent en boue ou en poussière par le frottement.

Les sables forment le lit des rivières traversant les pays de formation siliceuse ou granitique; on les appelle alors sables de rivière; on en trouve aussi de grands amas et même des contrées dont le sol est entièrement formé de sables dit sables de carrière.

La propriété des sables de répartir également la pression, d'avoir, par la petite dimension de leurs éléments, des propriétés en quelque sorte voisines de celles des liquides, les fait employer fréquemment dans les constructions. C'est ainsi qu'ils servent dans le pavage et surtout pour le ballastage des chemins de fer. Répandus sur la voie, ils forment un sol sec, compacte et résistant.

Nous avons parlé à divers articles des usages fréquents des sables et de l'exploitation des matières métalliques qui se trouvent quelquefois mélangées avec eux. Voyez FONDERIE DE FER, MORTIER, POTERIES, OR, etc.

SABOT. Armature en fer dont on garnit la pointe des pieux et pilotis qui doivent être enfoncés dans le sol à de grandes profondeurs. Elle a pour but de frayer un passage à la pointe du pieu et de l'empêcher de s'émousser.

SAFRAN. Les stigmates de la fleur du *crocus sativus*, connus dans le commerce sous le nom de safran, sont employés comme couleur d'origine végétale et nullement nuisible à colorer en jaune, particulièrement par les confiseurs et dans la préparation de quelques aliments.

SAFRE. Voyez COBALT.

SAGOU. Espèce d'amidon tirée de la moelle des rameaux du sagou, arbre qui croît aux Moluques et aux Philippines. Après avoir été séparé par lévigation comme la fécule, le sagou est séché rapidement sur le feu dans une bassine de cuivre. Il s'emploie pour la confection des potages.

SALEP. Espèce d'amidon extraite de racines de plantes de la famille des *orchidées*. Très-renommée dans le Levant, elle vient surtout de la Perse et de l'Asie Mineure, s'emploie comme substance alimentaire sous forme de bouillie préparée soit avec de l'eau, soit avec du lait.

SALIN DE BETTERAVE. A l'article POTASSE, on a parlé de son extraction des cendres de bois. L'industrie du sucre de betteraves fournit aujourd'hui une quantité considérable de cette précieuse substance, car la betterave a une puissance singulière d'absorption pour les sels, de telle sorte qu'elle renferme en moyenne 3,5 pour 100 de matières minérales, parmi lesquelles dominent principalement les sels de potasse.

On voit, par cette simple donnée, de quelle utilité il peut être de recueillir ces sels, dont la valeur vénale est toujours assez élevée. Nous avons vu, en 1856, dit M. Basset, dans une distillerie assez importante, du salin de potasse provenant des mélasses, fort gris et impur, se vendre 45 f les 100 kilogrammes. Ce chiffre donne encore 15 fr. 75 c. *brut* par 1,000 kilogrammes de betteraves, et l'on ne doit pas négliger un semblable moyen de diminuer le prix de revient de la matière première.

Vinasses. — *Évaporation.* — Lorsqu'on a soumis les mélasses fermentées à la distillation, le résidu liquide, dépouillé de l'alcool par la distillation, porte le nom de *vinasse*. Ce liquide marque 3° à 4° au pèse-sirop de Baumé, et il renferme tous les sels solubles de la betterave. Il ne s'agit que de le soumettre à une évaporation méthodique pour les retirer dans un état plus ou moins grand d'impureté.

Première opération : Concentration. — Cette opération peut se faire de plusieurs manières. La plus économique et celle qui nous paraît la plus véritablement industrielle consiste à utiliser les vapeurs perdues de l'usine pour obtenir ce résultat.

Que les surfaces d'évaporation servent à refroidir et à condenser des vapeurs alcooliques ou autres, que le calorique perdu, ou l'air chaud, la fumée, soient obligés de passer dans un intervalle ménagé sous les caisses d'évaporation, et de produire ainsi la concentration des vinasses, on aura réalisé une économie notable, et l'on se trouvera placé dans les véritables conditions manufacturières.

La seconde méthode consiste à appliquer aux *salins* de mélasse les dispositions et les appareils usités pour la fabrication de la soude.

A cet effet, la vinasse épuisée, sortant de l'appareil distillatoire, se rend par un caniveau dans un bac ou réservoir d'une capacité suffisante. De là, soit directement, soit par une pompe ou un monte-jus, elle est transportée dans un réservoir d'alimentation A (fig. 1).

De ce réservoir la vinasse est dirigée régulièrement

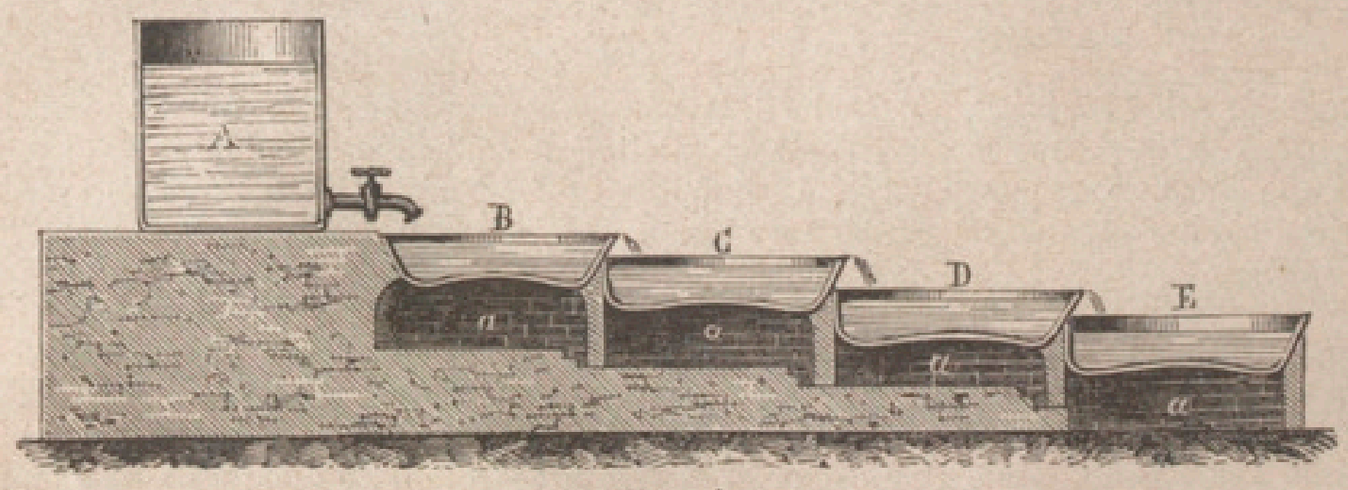


Fig. 1.

dans une série de chaudières d'évaporation à fond bombé B, C, D, E, etc., chauffées par un seul foyer dont la flamme parcourt le dessous des appareils de concentration en se rendant à la cheminée. Ces chaudières sont, d'ailleurs, disposées en étages, de façon à pouvoir déverser le trop-plein de l'une dans l'autre, comme l'indique la figure ci-dessus. Il est évident que le nombre de ces chaudières n'est pas limité à trois ou quatre, et que l'on doit se baser seulement sur le temps dépensé par l'opération et sur le degré de concentration que l'on veut obtenir.

Une série de cinq chaudières suffit à amener rapidement la vinasse à 26° B. dans le dernier de ces appareils.

Lorsque la vinasse a atteint ce degré de concentration, elle a déjà laissé déposer dans les chaudières une notable partie du sulfate de chaux qu'elle tenait en dissolution ; on la fait écouler par un robinet adapté à la dernière chaudière, et elle se rend dans un *bac à rafraîchir*, où elle achève de s'en débarrasser à peu près complétement. Il est bon d'avoir trois de ces bacs ou réservoirs, afin que, l'un étant en *remplissage*, un autre soit au *repos* ou en précipitation, et le troisième en *vidange*, pour la seconde opération que nous allons décrire succinctement.

Deuxième opération : Calcination. — Pour opérer cette phase du travail, on emploie industriellement le four à soude dont la figure 2 représente une coupe ver-

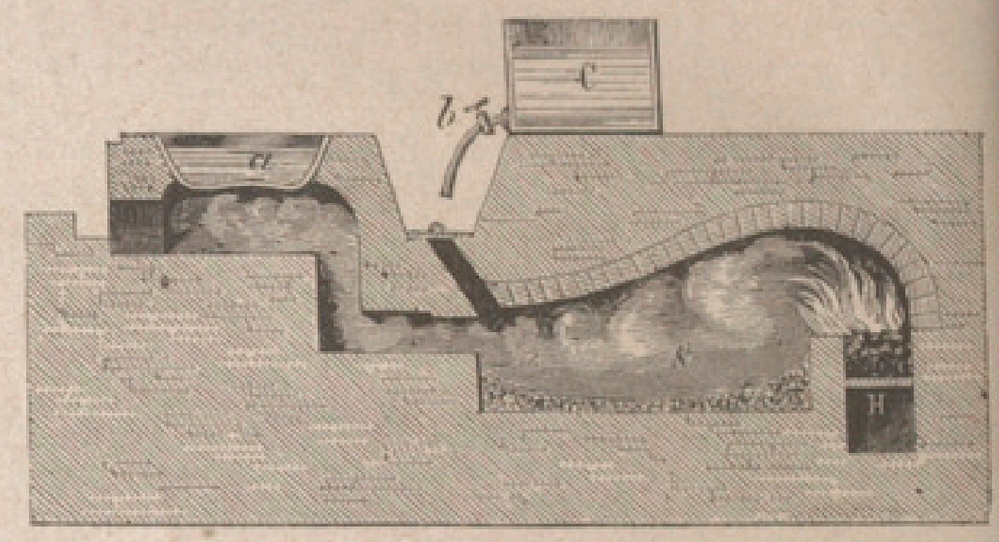


Fig. 2.

ticale. Les liquides, concentrés à 26° B. et débarrassés de la presque totalité du sulfate de chaux par le repos dans les bacs, sont dirigés dans le réservoir C auquel se trouve adapté un robinet *b* qui les conduit à volonté dans un tube en fonte, à l'aide duquel on peut le faire arriver à l'extrémité postérieure de la sole du four.

Cette sole S présente une concavité très-marquée, sur laquelle on a disposé préalablement une couche de salin sec fortement tassé et battu. Cette mesure a pour but d'empêcher que la sole ne se détériore trop promptement sous l'action de la solution alcaline.

Le combustible, qui est du coke, seul le plus souvent, ou mêlé de menu de houille, selon les cas et dans un but d'économie, est enflammé sur la grille H, et la température du four est portée jusqu'au rouge naissant bien nettement caractérisé.

La cheminée, qui entraîne les produits gazeux de la combustion, passe sous les chaudières à évaporer EDCB (fig. 1), et fournit une température suffisamment élevée pour que la concentration des vinasses s'y fasse promptement.

Lorsque la température du four est au point convenable, on enlève le couvercle du conduit en fonte, et on ouvre le robinet *b* du réservoir ; le liquide arrive sur la sole, où la forte chaleur qu'il rencontre lui fait éprouver un boursouflement assez considérable. La matière s'étend progressivement sur toute la sole, où elle se dessèche en peu de temps. Les matières organiques qui y sont contenues s'enflamment alors et brûlent complétement, surtout si l'on a soin d'agiter la masse et de la diviser avec un râble en fer, afin de mettre les surfaces en contact avec l'air, et de donner au produit

une forme granulée qui favorise la combustion. On a eu soin d'arrêter l'écoulement du liquide lorsque, la sole étant à peu près *remplie*, les portions de salin les plus rapprochées de l'autel commencent à prendre l'état pâteux.

Quand la matière est bien sèche, blanche et bien granulée, on la rapproche d'une ouverture latérale par laquelle on en opère l'extraction. On l'embarille après refroidissement, si l'on peut la vendre sous cette forme, qui est celle de salin brut.

Dans le cas où l'on veut faire l'épuration de ce produit, ce qui est évidemment le plus avantageux, il est inutile de pousser la calcination aussi loin. On l'arrête donc lorsque la matière est bien sèche, et l'on procède à l'extraction pour l'envoyer au lessivage ou à la dissolution méthodique.

Raffinage. — Le raffinage du salin brut est analogue à celui du salpêtre ; des lessivages méthodiques et l'utilisation des solubilités relatives des divers sels permettent d'obtenir le produit principal et le plus recherché, le carbonate de potasse.

D'une manière générale, et indépendamment des variations duesà la nature des divers sols, par l'effet des récoltes antérieures de betteraves qui diminuent la richesse du sol en alcalis assimilables, les salins bruts renferment en moyenne :

3 à	5	pour 100	de sulfate de potasse.
18		—	de carbonate de soude.
20		—	de chlorure de potassium.
30 à	35	—	de carbonate de potasse.

Le salin est d'abord lessivé méthodiquement ; le faible résidu insoluble, et toujours très-faible, est formé de sels de chaux, précieux pour l'amendement des terres.

Le liquide fourni par le lessivage marque 30° Baumé; on le concentre jusqu'à 42° dans des chaudières plates en tôle ; après l'avoir amené à ce point, on l'abandonne au refroidissement dans des cristallisoirs. Dans les premiers moments, il se dépose du sulfate de potasse que l'on enlève ; puis, ce premier dépôt effectué, il se forme contre les parois une abondante cristallisation de chlorure de potassium. L'eau-mère subit ensuite une nouvelle concentration jusqu'à 50° ; portée de nouveau aux cristallisoirs, elle fournit de beaux cristaux d'un carbonate double de potasse et de soude, renfermant environ deux tiers de son poids de carbonate de potasse et un tiers de carbonate de soude.

Les eaux-mères d'où ce sel double s'est déposé ne renferment plus alors que de faibles quantités de sels de soude ; on peut, par plusieurs cristallisations successives les en débarrasser plus complétement ; puis on les concentre et on les calcine dans des fours à réverbère pour transformer les résidus en potasse perlasse.

Quant au carbonate double de soude et de potasse, on le redissout dans une petite quantité d'eau chaude ; celle-ci se charge en carbonate de potasse, tandis que la presque totalité du carbonate de soude reste insoluble. Les solutions potassiques ainsi obtenues sont réunies aux eaux-mères dont nous venons de parler.

Le chlorure de potassium, le sulfate de potasse et le carbonate de soude, séparés par des cristallisations successives, sont lavés à courte eau, puis desséchés et livrés au commerce.

SALINE. Voyez MARAIS SALANTS et SEL GEMME.

SALPÊTRE. Voyez NITRE et POUDRE.

SANTAL. Bois rouge provenant du *pterocarpus santalinus*, qui croît à Ceylan et sur la côte de Coromandel. Il sert dans la teinture. Voyez TEINTURE.

SANDARAQUE. Résine provenant du *thina articulata*, arbrisseau de la famille des conifères, croissant dans le nord de l'Afrique. Elle est employée en poudre pour empêcher l'encre de s'étendre sur le papier dont la surface collée a été enlevée par le grattoir. Elle entre aussi dans la composition de quelques vernis.

SANG. Le sang, composé essentiellement de fibrine, a été longtemps employé dans les raffineries de sucre et autres, pour clarifier les sirops dont il enlève toutes les impuretés en formant comme un réseau en se coagulant. Aujourd'hui le sang de bœuf, qui n'est plus employé à cet usage, est desséché dans les abattoirs (voyez ÉQUARRISSAGE) et forme un ENGRAIS très-énergique sous un petit volume, très-convenable pour les cultures riches et spécialement pour la canne à sucre.

SANG-DRAGON (*angl.* dragon's blood, *all.* drachenblut). Résine d'un brun rouge en morceaux, d'un rouge brillant en poudre. Provient de plusieurs arbres et notamment du *dracæna draco*, du *pterocarpus draco*, etc. S'emploie pour colorer certains vernis de térébenthine, pour préparer une laque rouge, etc.

SANGSUE. Voyez *Complément*.

SANGUINE. Variété de fer oxyde rouge. Voyez BRUNISSOIR, CRAYONS, FER.

SAPHIR. Le saphir oriental est une pierre précieuse, appartenant à l'espèce *corindon* ou *télesie*, et composé presque exclusivement d'alumine pure comme le RUBIS, dont il ne diffère que par sa couleur qui est bleue ou blanche, et par son prix moins élevé. On a aussi improprement donné le nom de saphir à plusieurs autres pierres bleues de moindre valeur, telles que la *tourmaline bleue* du Brésil, la *chaux fluatée bleue*, le *quartz bleu* de Bohême, et le *disthène bleu* du Saint-Gothard. Le *saphir d'eau* est un silico-aluminate de magnésie, qui vient de l'île de Ceylan et qui appartient à l'espèce *cordiérite* ou *dichroïte*.

SAPIN. Voyez PIN.

SARRASIN. Le *sarrasin* ou *blé noir* est une plante de la famille des céréales, dont le grain est surtout employé pour la nourriture des animaux de basse-cour. Dans quelques contrées pauvres, il est réduit en farine et transformé en galettes qui servent à l'alimentation des habitants. Voyez AGRICULTURE.

SAS. Voyez CANAL et ÉCLUSE.

SATIN. Nous dirons à l'article TISSAGE comment est formé le satin, comment le passage du fil de la trame sur un certain nombre de fils de la chaîne, lui donne un éclat incomparable.

Nous ne parlerons pas ici du satin par excellence, de l'étoffe de soie d'un éclat admirable, qui a donné son nom à ce genre de tissu, mais seulement de quelques satins de laine moins connus.

Le *satin français* créé à Amiens, est un satin de 7; le métier à tisser est monté de telle manière que 7 fils de chaîne passent dans chaque broche. La chaîne, composée de 1/10 de soie grège et de 9/10 de laine mérinos ou autres suivant la qualité, fait l'endroit. La trame est une bourre de soie du n° 50 au n° 60. Ce tissu est d'une grande solidité.

Satins anglais. — La cherté de la soie fait faire des tissus analogues au précédent, dits satins anglais, dont la trame est en coton.

SATINAGE. Quand les feuilles de papier ont été imprimées, elles restent ondulées du fait du foulage qu'a exigé l'impression et qu'il faut absolument faire disparaître pour les beaux livres.

A cet effet, chaque feuille, suffisamment séchée est placée entres deux cartons à surface bien lisse, et une pile formée de feuilles et cartons ainsi alternants, est soumis à l'action d'une presse énergique pendant 12 heures habituellement. Les grandes presses, les presses à toc et autres, ont à peu près disparu des ateliers, devant la presse hydraulique, bien plus pressante et d'un maniement plus facile.

Le gaufrage du papier disparaît ainsi complétement et sa surface devient lisse et brillante.

SAVONS.

SAVONS (*angl.* soap, *all.* seife). HISTORIQUE. Le savon, c'est-à-dire la combinaison de substances grasses et alcalines propre à former une émulsion éminemment détersive, tout en évitant l'action destructive des alcalis purs, paraît avoir été connu depuis les temps historiques les plus reculés. Il est certain que son usage était très-répandu chez les Romains. Une savonnerie, trouvée dans les ruines de Pompeï, en fournit une preuve péremptoire.

Le savon des Romains était plutôt une préparation détersive et émulsive qu'un véritable savon ayant une composition constante et déterminée. Ce peuple, qui a longtemps tenu dans ses mains victorieuses les destinées du monde, fut aussi un initiateur des arts qu'il propagea avec ses conquêtes. Les anciens obtenaient, paraît-il, le savon par des moyens très-divers: mais, d'après le témoignage de Pline, le procédé le plus usité chez les Romains consistait à faire bouillir la matière grasse avec une lessive de cendre végétale. Jusqu'au huitième siècle, le suif et les graisses animales furent les seules matières qui intervinrent dans la préparation de ce produit; mais à partir de cette date, — et c'est une époque remarquable dans l'histoire des progrès de la savonnerie, — on y substitua l'huile d'olive qui seule pouvait donner avec la lessive de soude, que l'on commençait à employer, un savon homogène, d'une consistance ferme et d'une odeur agréable.

Les peuples du midi de l'Europe eurent le privilége d'exploiter les premiers cette industrie naissante; et jusqu'au moyen âge le savon était plutôt un objet de luxe que de nécessité. L'Espagne, l'Italie, la France en furent les principaux centres. Les traditions connues sont assez incertaines et confuses sur ses développements ultérieurs pendant une période de plusieurs siècles. C'est très-probablement aux Espagnols que nous devons les premières fabriques de savon qui furent érigées à Marseille dès le douzième siècle; il est, en effet, à remarquer qu'antérieurement à cette époque l'Espagne possédait déjà un certain nombre de savonneries à Alicante, à Valence, à Séville, à Carthagène; et dans ce magnifique pays se rencontraient à la fois les deux éléments constituants des savons: c'est-à-dire, le précieux végétal qui produit l'huile et la plante alcaline qui fournit la soude.

Mais c'est à Marseille, l'antique et industrieuse cité Phocéenne que cet art, encore très-imparfait, a subi les modifications lentes et progressives qui l'ont amené au degré de perfection qu'on lui connaît. Cette ancienne capitale de la Provence a toujours, en effet, fabriqué les plus belles et les meilleures espèces de savon d'huile. Cependant, comme toutes les grandeurs de ce monde, le savon phocéen a aussi éprouvé les vicissitudes de la fortune et l'instabilité des choses humaines. Les fabriques de Venise et de Savone, dont la production était devenue considérable et les produits excellents, lui firent jusqu'au dix-septième siècle une rude concurrence sur les marchés étrangers et même en France. Mais à partir de cette époque, les savonniers marseillais parvinrent par leur activité à reconquérir la suprématie qui leur avait été ravie et qu'ils ont conservée depuis.

Les progrès de cette belle industrie se lièrent d'ailleurs en France avec le développement de la richesse publique, qui fut elle-même une des conséquences du progrès des arts. Au dix-huitième siècle l'emploi du savon pour le blanchiment des toiles écrues vint lui donner un nouvel essor. L'application ultérieure du chlore à la décoloration des textiles végétaux ne modifia pas la situation de nos savonneries, car déjà à cette époque le savon était devenu un produit de première et indispensable nécessité pour notre pays.

Un fait qui mérite d'être signalé, c'est que jusqu'au commencement du dix-huitième siècle, la potasse était généralement employée dans toutes les opérations des arts qui exigeaient un alcali fixe. La soude n'intervenait que dans la fabrication des savons durs. A cette époque récente le natrum, la barille et les salicors dont la culture avait pris de grands développements sur notre littoral méditerranéen, et particulièrement sur le territoire d'Arles, constituaient les sources où le commerce s'alimentait de cet alcali. La production, quoique stimulée par l'intérêt général, avait cessé depuis longtemps de s'équilibrer avec le mouvement ascendant du progrès industriel qui s'est révélé avec tant de puissance au commencement du siècle. Il convient aussi d'ajouter que ces soudes étaient, bien qu'à des degrés différents, très-pauvres; elles étaient aussi très-chargées de sels neutres qui augmentaient les difficultés de leur emploi en savonnerie. La guerre qui éclata en 1808 entre la France et l'Espagne nous priva inopinément des barilles que ce pays nous fournissait, et qui par leur pureté avaient une supériorité marquée sur les soudes naturelles des autres provenances.

Mais les innovations naisssent des besoins. Les malheurs de la patrie produisirent une émulation générale parmi les savants français. Antérieurement on avait déjà pressenti la possibilité d'extraire la soude de ses combinaisons naturelles; cette question avait même attiré l'attention des meilleurs esprits. Duhamel de Monceau, un peu oublié aujourd'hui, entra le premier dans cette voie; car, dès 1730, ayant reconnu que la soude était la base du sel marin, il pensa qu'on pourrait l'en retirer pour le besoin des arts. Guyton de Morveau, un caractère scientifique de premier ordre et un vaillant esprit aussi, avait, comme induction, signalé depuis longtemps la réaction importante qui donne naissance au natrum par voie de décomposition naturelle du sel marin par la craie. Enfin en entrant dans le domaine des faits positifs, — et c'est là que commence l'œuvre des savants qui devaient résoudre le problème de la fabrication de la soude artificielle — Malherbe eut l'idée, vers la fin du dernier siècle, de transformer le sel marin en sulfate et de décomposer ce dernier avec le charbon et le fer pour en avoir la soude. Quelques années plus tard, de la Métherie proposait de décomposer le sulfate de soude par le charbon seul; mais dans ces conditions il se produisait du sulfure de sodium et non du carbonate de soude. Carny, Chaptal, Darcet, Dizé et nombre d'autres ingénieux et savants chimistes ou industriels, étudièrent la question sous ses divers aspects et multiplièrent les expériences pour arriver à un résultat manufacturier; mais ils n'eurent que le mérite de préparer les matériaux de cette grande découverte qui devait illustrer le nom de Nicolas Leblanc. (Voy. SOUDE.)

Ce fut, en effet, en recherchant les causes de l'insuccès de ses prédécesseurs que cet inventeur éminent parvint, par les circonstances particulières de ses travaux, à reconnaître que cet insuccès était dû à l'absence d'un corps réducteur du sulfure de sodium qui était toujours le produit de la réaction. Le problème était dès ce moment résolu, une industrie nouvelle, considérable et essentiellement française, venait d'être créée. Leblanc, en effet, en faisant intervenir de la craie dans le mélange de sulfate de soude et de charbon, obtint, par la calcination directe des matières, du carbonate de soude.

Cette découverte eut une portée immense pour toutes les industries dont le travail repose sur l'emploi de la soude. La savonnerie marseillaise en retira surtout un grand avantage, car dès ce moment elle put se passer des soudes naturelles qui, pendant la tourmente révolutionnaire qui ébranlait la France, étaient devenues extrêmement rares.

Remarquons aussi que l'huile d'olive était alors exclusivement employée dans la fabrication marseillaise. Mais, depuis cette époque, les conditions économiques de cette industrie ont été profondément modifiées par l'emploi de la soude artificielle qui donnait avec cette huile seule

des savons trop durs et même cassants. On obvia d'abord à cet inconvénient en ajoutant une certaine quantité de potasse dans la lessive de soude. Mais le prix de plus en plus élevé de l'huile d'olive dont on tirait alors la plus grande partie de l'Espagne attira l'attention sur d'autres huiles; et parmi ces huiles, autrefois inconnues, ou négligées, ou considérées comme impropres à cette fabrication, il s'en est trouvé qui, après une étude approfondie de leurs propriétés, ont pu y être employées avec un avantage réel. De ce nombre sont principalement les huiles d'arachide, de sésame et de coton, dont l'extraction en grand des graines importées des pays producteurs constitue depuis une vingtaine d'années, pour Marseille, une branche d'industrie très-lucrative, très-étendue et très-importante.

Mélangées en proportions diverses, mais toujours très-considérables, avec les huiles d'olive et surtout avec les ressences de la Calabre, ces huiles ont fourni d'excellentes combinaisons pour les savons marbrés, tout en procurant une économie très-notable sur les prix de revient. Même pour les savons blancs, on n'emploie aujourd'hui qu'exceptionnellement l'huile d'olive seule. Toujours, ou presque toujours, cette huile est saponifiée avec l'huile d'arachide; le mélange de cette huile à la première donne plus de blancheur, de douceur et de solubilité au savon, dont les propriétés détersives se trouvent ainsi augmentées.

Mais, quoique Marseille soit toujours le centre le plus considérable de production des savons, cette industrie s'est aussi répandue dans les départements, dans ceux surtout où l'élément manufacturier domine. Paris, Grasse, Lyon, Bordeaux, Nantes, Orléans, Rouen, Amiens, fabriquent aussi de grandes quantités de savons de différentes espèces.

Ces fabriques sont, en général, dans des conditions bien différentes de celles de Marseille, et leurs produits ne présentent pas cette odeur agréable qui caractérise les premiers. Cette infériorité relative, mais bien réelle, assurera longtemps encore à la grande cité Phocéenne le monopole de la fabrication des savons d'huile. Il n'est pas d'ailleurs inutile de faire remarquer que par sa position privilégiée sur la Méditerranée, autant que par l'étendue de ses relations avec les pays producteurs d'huiles, Marseille a réalisé cet immense avantage de devenir le marché et l'entrepôt européen de ces liquides. Ajoutons, enfin, que de colossales usines de soude artificielle, réparties aux environs de la ville, lui livrent leurs produits bruts et raffinés aux plus bas prix manufacturièrement possible.

Les fabriques de l'intérieur sont encore à cet égard dans une situation moins favorable. L'huile d'olive n'y est que rarement employée, sinon pour les marbrés façon Marseille, où elle entre en minime proportion dans les mélanges; hors ce cas, presque toutes ces fabriques opèrent sur des matières grasses d'origines très-diverses, et dont les plus usuelles sont le suif, les graisses animales, l'huile de palme, l'huile de coco et surtout l'acide oléique qui est la plus importante. Résidu considérable autant que précieux de la fabrication de l'acide stéarique, cette huile, à raison de sa composition, produit un des meilleurs savons connus. La production de ce savon est aujourd'hui énorme, et ce qui a particulièrement contribué à en généraliser l'emploi, c'est, qu'outre son excellente qualité, son prix est presque toujours moins élevé que celui de tous les autres savons préparés sur lessive.

Si l'on compare ces deux sources de l'industrie savonnière, on voit que la savonnerie marseillaise a dû depuis le commencement du siècle modifier les conditions premières de sa fabrication, mais tout en restant fidèle à ses anciennes traditions dans ce qu'elles avaient de compatible avec le progrès industriel moderne. Elle a su, en effet, avec une vive intuition de ses intérêts, mettre à profit les découvertes de la science, comme le prouvent la substitution de la soude artificielle aux soudes naturelles, et l'introduction d'huiles de graines dans ses mélanges.

Grâce à cet esprit de prudence et d'initiative, ses produits, considérés dans leur ensemble, ont toujours une très-bonne réputation. Leur fabrication est excellente, parce qu'elle est avant tout loyale; car, bien que l'on puisse citer des exceptions à cet égard, il est notoire que la base principale des savons de Marseille est l'huile d'olive modifiée par les huiles de graines dont quelques fabricants, il faut le reconnaître, exagèrent la dose afin de réaliser un plus grand bénéfice. Mais ce sont pourtant, et c'est l'essentiel, des produits dont les composants sont chimiquement déterminés, qui ne renferment que la proportion d'eau voulue, et dans lesquels on ne trouve d'ailleurs aucune substance étrangère ayant pour but d'en augmenter le poids.

Il n'en est pas toujours de même de la savonnerie de l'intérieur, et Marseille lui a souvent reproché les moyens frauduleux qu'elle met en œuvre pour augmenter ses rendements. Nous ne voulons pas entrer ici dans l'examen de cette question. Remarquons seulement que nos savonneries de l'intérieur opèrent d'après deux méthodes distinctes: l'une, qui est identique avec celle de Marseille, donne les différentes espèces de savons cuits sur lessive. Préparés dans ces conditions, ces savons présentent une composition à peu près constante. Ils ne renferment, ni d'eau en excès, ni au delà de quelques centièmes de matières insolubles. Tous ces produits ne sauraient être trop recommandés aux consommateurs.

Mais ces mêmes fabriques ou d'autres exploitent aussi sur une grande échelle les savons unicolores faits par empâtage, et dont le rendement, en général forcé n'est pas de nature à élever le niveau de l'art. Cette fabrication est loin, en effet, de constituer un progrès quelconque en savonnerie. Les jurys des expositions internationales en ont caractérisé les excès avec autant de sévérité que de justice, entre autres le savant Ballard, dans son rapport sur l'Exposition de 1867. Nous avons récemment analysé quelques-uns de ces savons, de la qualité la plus ordinaire, et y avons trouvé à peine 18 pour 100 de matière grasse; tout le reste consistait en substances inertes ou résineuses, en excès d'alcali, en sels neutres et en silicate de soude, dont, soit dit en passant, ces fabriques spéciales font un emploi énorme depuis qu'on a reconnu les propriétés détersives de ce sel.

C'est particulièrement contre les produits de cette catégorie que Marseille proteste et réclame. Nous apprécions ses revendications. Nous croyons pourtant que l'industrie sérieuse ne doit pas trop se préoccuper de cette fabrication interlope, qui est loin, d'ailleurs, d'être une innovation. Ces usines, du moins en France, ont une base assez incertaine et beaucoup d'entre elles ne subsistent que difficilement. Quelques années ont suffi pour faire connaître leurs produits qui s'offrent aux consommateurs à des prix très-bas et qui cependant ne trouvent de débouchés de quelque importance que parmi les populations pauvres et malheureuses des campagnes, ou des grands centres industriels; la masse de la population éclairée des villes qui se compose, en général, d'excellents économistes en matière d'échange, s'en tient, non sans raison, aux produits d'une fabrication régulière et intègre, dont elle sait que Marseille lui fournit encore les types les plus beaux et souvent les meilleurs, car en industrie comme ailleurs, noblesse oblige.

CONSTITUTION CHIMIQUE DES SAVONS. — *Classification des savons.* L'art de fabriquer les savons repose essentiellement sur la chimie. Il était, en effet, réservé à cette science d'en éclairer la pratique par ses enseignements et ses découvertes : d'abord en révélant

SAVONS.

la véritable constitution des alcalis, ensuite celle infiniment plus complexe des corps gras. Cette dernière découverte, due à Chevreul, a permis à cet illustre savant de formuler la théorie chimique de la saponification, théorie confirmée par les travaux les plus récents et les plus autorisés et qui rend compte des réactions diverses qui, sous l'action des bases alcalines, déterminent la transformation des matières grasses en savon.

Il est en effet certain qu'antérieurement aux belles recherches analytiques si fécondes de ce savant, il n'existait aucune théorie de la saponification; et cela s'explique, puisque la composition des corps gras dont cette théorie dérive était encore inconnue. Longtemps les chimistes ne virent dans les savons que des composés résultant de la combinaison directe et intégrale des bases alcalines avec les corps gras.

Mais, comme il vient d'être dit, l'éminent chimiste démontra péremptoirement que le phénomène était plus complexe et d'un ordre différent. Il établit d'abord que les corps gras naturels sont des espèces de sels formés d'acides gras anhydres, fixes ou volatils et de glycérine qui remplit le rôle de base. Traitée par les alcalis, la combinaison se détruit et les acides stéarique, margarique, oléique qui en résultent se combinent avec l'oxyde alcalin pour former le savon.

La saponification technique, ou fabrication des savons, repose entièrement sur cette action des bases alcalines solubles, c'est-à-dire, des solutions caustique de potasse ou de soude sur les graisses et sur les huiles. Dans l'acte de la saponification, ces matières se dédoublent en glycérine qui se dissout dans la liqueur alcaline et en acides gras qui se combinent avec la base substituée.

Pour nous conformer à la classification généralement adoptée, quoique peu rationnelle à notre avis, nous diviserons les savons en *savons durs* et en *savons mous*.

Les premiers, qui sont les plus importants pour leurs applications nombreuses à l'industrie et aux usages domestiques, ont pour base la soude. Leur dureté est d'autant plus grande que les matières grasses qui concourent à leur production, ont un point de fusion plus élevée, ce qui y indique la prédominance des principes concrets. C'est ce qui explique la différence de consistance que l'on remarque entre les savons de suif ou d'huile d'olive et ceux d'acide oléique ou d'huile de graines oléagineuses.

Naturellement aussi tous ces savons se distinguent entre eux par la couleur ou par l'odeur suivant la nature des matières grasses qui les ont produits. Cette odeur est, en général, très-agréable dans les savons d'huile d'olive ou de palme et de quelques graisses exotiques.

Quant aux savons mous, ils ont tous pour base la potasse. Leur fabrication, du moins en France, est moins étendue et beaucoup moins considérable que celle des premiers. Elle est en partie concentrée dans nos départements du nord et dans quelques-uns des grands centres des industries textiles.

DES MATIÈRES PREMIÈRES BRUTES QUI SERVENT A LA FABRICATION DES SAVONS. Ces matières, quoique d'origines très-diverses, ont été partagées en deux grandes classes, l'une comprenant les alcalis minéraux, c'est-à-dire, la potasse et la soude; l'autre les corps gras extraits des végétaux et des animaux.

Corps gras. Il y a déjà plus d'un demi-siècle que Chevreul a démontré que les différents corps gras naturels présentent une composition plus complexe qu'on ne l'avait supposé antérieurement à ses travaux.

En effet, l'illustre chimiste en procédant par voie d'analyse immédiate est parvenu à en isoler à l'état de pureté les diverses substances dont ils sont formés, et dont les quatre principales, la stéarine, la margarine, la palmitine et l'oléine, groupées en proportions relatives très-variables composent avec la glycérine, qui est la base commune de toutes, des espèces de sels organiques ayant une constitution analogue à celle des éthers.

Traités, en effet, par les bases puissantes tous les corps gras neutres se dédoublent en leurs composants, c'est-à-dire, en glycérine et en acides gras qui sont: l'acide stéarique pour la stéarine, l'acide margarique pour la margarine, l'acide oléique pour l'oléine et enfin l'acide palmitique pour la palmitine, qui est le principe solide de l'huile de palme.

Le nom générique de corps gras s'applique, comme on sait, aux huiles, aux graisses, à la cire. Ces matières se rencontrent dans les deux règnes organiques, c'est-à-dire, dans le règne végétal et dans le règne animal. Les végétaux où elles existent en général à l'état fluide, à la température ordinaire de nos climats, donnent les huiles. Chez les animaux elles acquièrent un degré de consistance plus ou moins ferme comme on peut le remarquer pour le suif et l'axonge. Quelques chimistes admettent que ces matières sont identiques dans les deux règnes; cette opinion est également partagée par d'éminents physiologistes qui affirment que les animaux ne font que s'assimiler dans l'acte de la nutrition les principes gras élaborés dans l'organisme des végétaux. Nous n'avons pas la compétence suffisante pour élucider cette délicate question; il est cependant assez difficile d'admettre que le principe gras élaboré par les plantes se retrouve chez les animaux sans avoir éprouvé aucune modification ou transformation chimique quelconque.

Nous n'avons pas à insister ici sur l'identité d'origine de ces produits naturels. Quant à leur caractère spécifique tout le monde le connaît. On sait, en effet, comme nous le rappelons plus haut, que ces corps sont en général liquides pour les huiles, et plus ou moins consistants pour les graisses et les suifs. On sait également qu'ils se distinguent par leur extrême combustibilité, leur insolubilité dans l'eau et la propriété de former sur le papier des taches translucides persistantes. Rappelons encore que ces corps sont plus légers que l'eau; non volatils, incolores et inodores à l'état de pureté; fusibles à une température inférieure à + 60° C. Enfin plus ou moins solubles dans l'alcool, l'éther, la benzine et principalement le sulfure de carbone qui est un de leurs meilleurs dissolvants. C'est même en raison de cette dernière propriété que ce nouveau véhicule a reçu d'importantes applications pour l'extraction industrielle des matières grasses des bains alcalins qui ont servi au dégraissage des laines en suint, ainsi que pour retirer l'huile des marcs d'olive exprimés par la presse.

Nous n'entrerons pas ici dans l'étude de ces corps et des diverses transformations qu'ils éprouvent sous l'influence des agents chimiques ou physiques. Constatons seulement que les acides gras solides que l'on en extrait présentent cette particularité très-remarquable, que leur point de fusion est toujours plus élevé que celui de la matière neutre dont ils procèdent. Ainsi la stéarine fusible à + 60° C. se transforme en acide stéarique fusible à + 70° C.; la margarine, dont le point de fusion est au-dessous de + 50° C., se convertit en acide margarique fondant à + 60° C. Il en est de même de la palmitine et des autres principes gras solides: tous en se dédoublant donnent des acides dont le point de fusion est toujours plus élevé que celui de la matière neutre qui les engendre. Ces intéressantes constatations offrent un intérêt pratique très-réel et très-sérieux surtout pour la fabrication des acides gras concrets; quoique à un dégré moindre elles intéressent également le fabricant de savon qui peut déduire des différences de fusibilité des matières grasses qu'il emploie le plus ou moins de consistance des savons qui en résulteront.

L'industrie connaît plusieurs méthodes générales de saponification des matières grasses neutres. Pour la fa-

SAVONS.

brication des acides gras solides pour l'éclairage, trois modes différents sont aujourd'hui usités: ce sont la saponification calcaire, la saponification par l'acide sulfurique concentré et la saponification par la vapeur d'eau surchauffée, dont nous avons été un des premiers initiateurs. Dans ces divers traitements la combinaison naturelle préexistante est toujours détruite et les acides gras mis en liberté ou engagés dans une nouvelle combinaison lorsqu'on opère avec la chaux. Mais en savonnerie où l'opération est dirigée spécialement en vue de produire des composés solubles ou savons, la saponification s'opère sous l'influence des bases alcalines en dissolution dans l'eau. Comme dans les modes précédents, la glycérine est mise en liberté et les acides se combinent, avec la base qui a déterminé leur formation, pour donner naissance au savon.

Observons, puisque cette remarque intéresse la pratique, que le degré d'assimilation ou d'affinité des divers corps gras pour les alcalis présente cependant des différences très-marquées. C'est pour indiquer et caractériser cette corrélation relative qu'on a divisé ces corps, en corps gras facilement saponifiables, et en corps gras difficilement saponifiables. Les premiers comprennent les huiles d'olive, d'arachide, de sésame, de palme, de coco; les graisses, les beurres, les huiles animales; les seconds les huiles de graines, de poisson, la cire, le blanc de baleine.

Mais quelle que soit leur aptitude à se laisser saponifier, les lessives alcalines exercent sur ces corps une action d'autant plus directe et rapide que la proportion d'acide gras libre qu'ils renferment est plus considérable. C'est ce qui explique la facilité avec laquelle les alcalis, même carbonatés, convertissent l'acide oléique en savon. Dans ce cas, et autres analogues, l'union entre les acides gras et la base est directe. Avec les corps gras neutres la réaction est toujours plus complexe: elle est alors précédée du dédoublement, lent et progressif, de la matière grasse, dont les composants acides s'unissent à l'alcali à mesure qu'ils se séparent de leur base organique naturelle.

Des huiles végétales. — Comme nous l'avons vu précédemment, ces huiles sont ordinairement fluides à la température ordinaire de nos climats, si l'on en excepte les huiles de coco, de cophras, de palmiste et de palme. Elles se trouvent principalement dans les graines et dans les péricarpes des fruits, d'où on les extrait, en général, par trituration et par expression à froid et à chaud. Le premier mode est le plus suivi pour les huiles alimentaires, le second pour les huiles employées dans les arts et pour la fabrication des savons.

I. *Huile d'olive.*— L'olivier est cultivé de temps immémorial en Grèce, en Italie, en Espagne, en France et dans divers pays de l'Europe méridionale. Cet arbre est surtout précieux pour son fruit; c'est, en effet de celui-ci que s'extrait l'huile d'olive.

La récolte des olives s'effectue généralement en novembre ou décembre. C'est alors qu'elles fournissent le maximum d'huile. Suivant l'état particulier où elle se trouve, l'huile d'olive prend des noms différents:

1° *L'huile vierge.* — Elle est obtenue par une première expression à froid des olives écrasées; on donne également ce nom à l'huile extra-fine qui exude spontanément de la pulpe avant la pression.

2° *L'huile ordinaire.* — On la retire de la pulpe d'olives qui a fourni l'huile vierge. A cet effet la pulpe est dégrumée et arrosée avec de l'eau bouillante. Cela fait, on la replace de nouveau dans les enveloppes, puis on presse. L'huile s'écoule avec l'eau; mais par le repos le liquide aqueux se précipite et l'huile surnage.

3° *L'huile de ressence.* — On l'obtient en traitant alternativement par l'eau bouillante et par la presse hydraulique, les marcs d'olive qui ont déjà fourni l'huile vierge et l'huile ordinaire. Elle est très recherchée pour la fabrication des savons marbrés, où on l'emploie concurremment avec les huiles de graines auxquelles elle communique la consistance et la solidité qui leur manque. Cette huile est en effet essentiellement riche en principes solides: elle a de plus des propriétés siccatives très-remarquables.

Les qualités limpides connues sous le nom d'*huile de ressence* ou d'*huile lamponte*, lorsque leur coloration est peu prononcée, ces huiles sont employées pour la fabrication du savons blanc.

Disons enfin que les marcs dont on a extrait les trois sortes d'huile dont il vient d'être question, donnent encore par de nouveaux traitements, l'*huile tournante* et l'*huile d'enfer*. Ces huiles, quoique inférieures à la première ressence, sont cependant très-appréciées pour la fabrication des savons marbrés de seconde qualité.

Suivant leur provenance, les huiles d'olives sont diversement colorées; les unes sont presque blanches, d'autres jaunes ou vertes. Les premières sont les plus estimées pour la fabrication du savon blanc liquidé; car les consommateurs recherchent la blancheur dans cette qualité.

Les huiles jaunes, lorsque leur nuance est peu prononcée, peuvent aussi recevoir cette destination; celles qui sont d'un jaune intense sont réservées pour le marbré bleu vif. La même remarque s'applique aux huiles d'un vert foncé. Ces distinctions sont essentielles pour la pratique: il est en effet depuis longtemps acquis que les savons prennent la couleur des huiles qui les ont produits. On atténue ordinairement la nuance de ces huiles par leur mélange avec des huiles blanches ou peu colorées. Mais, quoiqu'on fasse, la couleur primitive de l'huile persiste dans le savon: il ne la perd jamais complétement, quoique avec le temps elle puisse s'amoindrir beaucoup.

Sous le rapport de leur composition immédiate les huiles d'olive sont formées de deux éléments différents: l'oléine et la margarine. Leurs proportions respectives, très-variables, expliquent les divers états de liquidité ou d'opacité des huiles; si c'est la margarine l'huile est plus ou moins épaisse, lorsqu'au contraire l'oléine domine l'huile est limpide.

II. *Huile d'olive extraite des pulpes d'olives au moyen du sulfure de carbone.* — L'application du sulfure de carbone à l'extraction des dernières portions d'huile contenues dans les marcs ou pulpes d'olives, a rendu de signalés services à l'industrie savonnière. Cet agent chimique s'empare presque instantanément de la totalité de l'huile qui existe dans ces résidus et l'abandonne ensuite par la chaleur. Cette branche d'industrie est, depuis un certain nombre d'année, exploitée dans des usines spéciales, dont plusieurs ont des proportions considérables. Le traitement se fait dans de vastes extracteurs munis d'appareils de condensation pour recueillir le sulfure de carbone qui, ainsi régénéré, peut servir presque indéfiniment, car la perte est presque nulle. Les huiles d'olive de cette provenance ne sont jamais absolument limpides; dans la saison froide leur consistance est à peu près analogue à celle du miel. Leur couleur est d'un vert foncé très-intense; leur odeur sulfureuse. Elles peuvent néanmoins fournir un excellent savon, car les éléments saponifiables y abondent. Quant à leur rendement il s'éloigne peu de celui de l'huile d'olive ordinaire, quoiqu'il lui soit un peu inférieur. Dans leur état naturel, ces huiles ne peuvent fournir que du savon vert; mais, depuis qu'on est parvenu à les décolorer, on en fait aussi du savon blanc; elles sont aussi avantageusement employées dans la fabrication des savons marbrés de seconde qualité, ce qui s'explique, puisque leur constitution est presque identique à celles des ressences ordinaires.

Faisons remarquer, avant d'abandonner ce sujet, que les applications du sulfure de carbone se sont aussi

étendues à l'extraction des corps gras perdus dans les tourteaux des graines oléagineuses, des os et des eaux savonneuses, ayant servi au décreusage des soies. Pour comprendre toute l'importance de ce dernier résultat, il suffira de dire que les seules usines de la ville de Lyon perdaient en matières transformables l'équivalent de cinq millions de kilogrammes de savon par année.

III. *Huile d'olive de fonds de piles.* — Cette huile, comme son nom l'indique, est extraite des dépôts qui résultent de la clarification des huiles troubles et récentes dans les immenses citernes où on les entrepose.

Ces parties principalement formées de matières mucilagineuses et de pulpe d'olive dans un état de division extrême, entraînent avec elles une plus ou moins forte proportion d'huile limpide.

Le but qu'on se propose par leur épuration, est d'en extraire cette huile. Des divers moyens employés, le plus usité consiste à chauffer ces résidus dans une grande chaudière avec 30 ou 40 pour 100 d'eau pure ou d'eau salée à 5° Beaumé. Quand le mélange a bouilli environ une heure on enlève le feu et après quelques jours de repos on décante l'huile claire. On obtient ainsi un résultat assez satisfaisant; l'huile est belle et généralement peu colorée; on peut l'avoir parfaitement limpide en la filtrant un peu chaude à travers des couches alternées de coton en rame et de sciure de bois d'une épaisseur de 40 à 50 centimètres. Cette huile, de même que les ressences, est employée dans la fabrication des savons marbrés.

Nous avons pû établir par un grand nombre d'opérations que les fonds d'huile d'olive naturels fournissent, en moyenne, 80 pour cent de leur poids d'huile claire; chiffre qui donne d'assez beaux résultats à ceux qui exploitent cette branche de commerce.

IV. *Huile d'arachide.* — L'huile d'arachide est, après l'huile d'olive, une de celles qui donnent les meilleurs résultats en savonnerie, aussi y est-elle employée en quantités considérables.

On extrait cette huile des graines de l'*arachis hypogæa*, dont la culture a pris, depuis une vingtaine d'années, une si grande extension dans les pays intertropicaux.

Parvenue à maturité, la graine d'arachide atteint la grosseur d'une noisette; elle en a aussi la forme et presque le goût. Exprimée à froid, elle fournit une huile incolore et d'excellente qualité. Cette huile est essentiellement alimentaire et a les mêmes applications économiques que l'huile d'olive, avec laquelle on la mélange souvent. Elle est liquide à la température ordinaire, et même à quelques degrés au-dessous de zéro. A + 15°, sa densité est de 9.180

La qualité préparée pour la savonnerie provient de la pression à chaud des tourteaux qui ont fourni l'huile comestible. Elle est plus colorée que la précédente et d'un goût moins agréable. Saponifiée par la lessive de soude caustique, elle donne un savon blanc; ce savon ne le cède en rien pour la qualité à ceux qu'on obtient des meilleures matières grasses; mais, quel que soit le dégré de saturation qu'on lui donne, il n'acquiert jamais une consistance ferme. Ce fait est bien connu des praticiens marseillais: mais, indépendamment de la question économique, si importante en industrie, ceux-ci ne font intervenir cette huile ou ses congénères dans leurs combinaisons ou mélanges des matières grasses, qu'en vue d'en atténuer la proportion des acides gras solides, et par suite la prépondérance des stéarates et des margarates de soude dans le savon.

V. *Huile de sésame.* L'huile de sésame s'extrait de la graine du *sesanum*, plante oléifère que l'on cultive dans divers pays d'outre-mer et plus spécialement peut-être en Égypte, où elle élabore ses produits les plus abondants.

La graine récente du sésanum recèle une très-forte proportion d'huile qui, de même que celle d'arachide, s'obtient par deux expressions successives de la graine triturée. La pression à froid, qui est la moins énergique, produit l'huile comestible, qui est très-appréciée pour sa douceur. Ici encore c'est l'huile de second jet qui fournit la matière première des savons. Elle se saponifie rapidement et complétement par les lessives de potasse et de soude; mais elle ne produit avec chacune de ces deux bases que du savon mou, dont le plus consistant résulte de la combinaison avec la soude. Il est de plus à remarquer que les produits de la saponification de cette huile ont une coloration brune assez intense. Néanmoins, il est juste de reconnaître que cette matière grasse constitue une ressource extrêmement précieuse pour la production des savons marbrés; elle est évidemment une des huiles de grande culture dont le prix est le plus accessible à cette industrie.

VI. *Huile de coton.* — L'Égypte est le principal pays de production de cette huile; elle y est spécialement fournie par le *gossypium*, qui couvre de sa luxuriante végétation d'immenses étendues sur les fertiles plaines des bords du Nil.

L'huile de coton, de même que celles que nous venons d'examiner, est une des grandes ressources de la savonnerie marseillaise. Il semble, toutefois, qu'elle donne des résultats moins satisfaisants que les huiles précédentes. Elle mérite pourtant une très-sérieuse attention: d'abord parce qu'elle est la moins chère des huiles oléagineuses, ensuite parce qu'elle se saponifie avec facilité. Seule, elle forme un savon presque dur avec la soude. Mélangée avec des huiles plus corsées et plus consistantes, elle entre dans les combinaisons de matières destinées à produire les savons marbrés de seconde série; elle fournit aussi un élément utile à la fabrication des savons unicolores, parce qu'on peut lui faire absorber une très-forte proportion de lessive. A la température de + 15°, sa densité est de 0,930.

Nous terminerons ce qui est relatif aux huiles de provenances exotiques qu'emploie la savonnerie provençale en constatant que depuis déjà un certain nombre d'années, ces huiles sont directement extraites de leurs semences dans les importantes huileries que le commerce marseillais a fait établir aux environs de la ville. Grâce à cette puissante organisation industrielle, Marseille est devenue le premier intrepôt d'huile du monde entier. Notre marine y importe chaque année des lieux de production, des centaines de millions de kilogrammes de graines oléagineuses.

Nous ajouterons que ces différentes espèces d'huiles, sont aujourd'hui purifiées et décolorées par divers procédés chimiques, ce qui en a considérablement étendu les applications économiques et industrielles.

VII. *Huile ou beurre de coco.* — Au point de vue de la fabrication des savons préparés d'après la méthode marseillaise, cette matière grasse n'a pas une grande importance et nous dirons ailleurs pourquoi. Par contre elle est très-recherchée et employée pour la production des savons lisses et unicolores, qui retiennent, comme on sait toute la lessive qu'on y incorpore.

Cette huile est fournie par les fruits ou noix du coco *nucifera*, espèce de palmier gigantesque et l'un des arbres les plus utiles des contrées intertropicales par ses riches productions; car il donne à la fois de l'amidon, du sucre et de l'huile. Celle-ci s'obtient en soumettant alternativement les noix de coco concassées à l'action de l'eau bouillante, puis à l'action d'une presse puissante qui en fait écouler les dernières portions d'huile.

L'huile de coco de bonne provenance et bien préparée est d'une extrême blancheur.

En hiver sa consistance est analogue à celle de l'axonge, mais elle est fluide à une température au-dessus de + 20°.

SAVONS.

Comme il est dit plus haut, cette huile est la base principale des savons unicolores à fort rendement; elle peut aussi fournir seule un excellent savon avec la lessive de soude; elle intervient enfin, dans la fabrication des savons de toilette préparés sur lessive dont elle augmente la solubilité et l'action émulsive.

Remarquons en terminant qu'un certain nombre d'autres huiles concrètes de provenance exotique possédent également, quoique à un degré moindre peut-être, l'ensemble des propriétés de l'huile de coco et sont, comme elle, très-employées en savonnerie. Le coprah tient le premier rang parmi ces nouvelles huiles; on l'obtient par l'expression des graines oléagineuses produites par un espèce de palmier qui abonde sur le continent africain et plus spécialement sur la côte du Coromandel.

VIII. *Huile de palme.* — Cette huile, qui est une véritable graisse végétale, est extraite par expression ou par ébullition dans l'eau, des fruits de l'*alœis guiencensis*, qui croît abondamment sur les côtes de l'Afrique, aux Indes orientales et principalement dans la Guyane où il fournit l'huile la plus estimée.

L'huile de palme récente et de bonne provenance, est d'un jaune orange très-intense. Elle est caractérisée par une odeur pénétrante et agréable, qui n'est pas sans quelque analogie avec le suave parfum de la violette. Mais, en vieillissant, elle acquiert une odeur forte qui paraît résulter d'une fermentation spontanée de la masse: elle manifeste alors une réaction acide très-prononcée par suite d'un commencement de décomposition de ses composants en glycérine et en acides gras; son point de fusion qui primitivement était de + 27° environ, peut alors s'élever jusqu'à + 38°, ainsi que l'a constaté M. Pelouze. Il convient toutefois de remarquer que ces modifications dans sa constitution sont plus favorables que nuisibles à ses applications à la savonnerie, car, plus en effet les acides gras libres prédominent dans les matières grasses, plus celles-ci ont de tendance à la saponification, c'est-à-dire à s'unir aux bases alcalines pour former des savons. Ajoutons enfin que les principes constituants de cette huile sont la palmitine mélangée à des proportions relativement minimes d'oléine.

Pour son abondance et son prix accessible à l'industrie, l'huile de palme est devenue une des plus utiles matières pour la fabrication des savons et celle des acides gras pour l'éclairage. Saponifiée avec des lessives de sel de soude, elle produit un savon très-ferme, d'une odeur légèrement aromatique et d'une belle couleur jaune. Mais presque toujours cette huile est mélangée avec d'autres corps gras. Avec les suifs et les graisses animales, elle sert à préparer les différentes espèces de savons résineux cuits sur lessive; elle entre aussi dans la composition de la plupart des savons obtenus sans rélargage. Partout elle contribue à atténuer l'odeur souvent désagréable des matières premières et à donner aux produits une nuance plus vive et plus agréable.

Faisons remarquer que les vastes continents où croît l'*alœis guiencensis*, produisent aussi des genres divers de palmiers qui recèlent dans leurs fruits des principes gras à peu près analogues à l'huile de palme, et qui, comme cette dernière sont employés en savonnerie. Citons parmi ces nouveaux corps gras, pour ne parler que des principaux: 1° l'*huile de bassia*, qui présente la consistance du beurre; son point de fusion est à peu près le même que celui l'huile de palme, dont elle a aussi la couleur, quoique l'odeur en diffère; 2° le *beurre de galaus*, fusible à + 22°, fourni par les fruits du *bassia butyracen*. Sa couleur est d'un jaune rougeâtre, et sa densité de 0,960 environ.

Toutes ces huiles sont, d'ailleurs, complétement solubles dans les dissolvants ordinaires des matières grasses, et elles se saponifient parfaitement avec les lessives de potasse ou de soude.

IX. *Huile de palme blanche.* — Depuis un certain nombre d'années on trouve dans le commerce de l'huile de palme décolorée, qui sert à préparer d'excellents savons blancs et marbrés.

Dans le principe on détruisait la matière colorante de cette huile en la traitant à chaud, en présence de l'eau, soit par le bi-chromate de potassium et l'acide sulfurique, soit par le chlorate de potassium et l'acide azotique.

Mais ces moyens chimiques, coûteux et d'ailleurs peu manufacturiers, n'ont jamais donné de résultats pratiques satisfaisants; aussi y a-t-on généralement renoncé.

Le procédé qui a prévalu dans la grande industrie, est à la fois plus ingénieux et plus économique; il procède de cette singulière et très-importante remarque à savoir: que la matière colorante de l'huile de palme se volatilise lorsque l'on maintient pendant quelques heures cette huile à une température de + 105° à + 110° C.

Dans les grands établissements la décoloration se fait dans des appareils spéciaux. L'huile est placée dans des bassins chauffés par un serpentin plat où circule de la vapeur à deux ou trois atmosphères. Dans ces conditions la matière colorante se dégage très-rapidement et l'huile prend l'apparence d'une graisse d'un blanc grisâtre. Mais ces appareils compliqués et d'un prix très-élevé ne peuvent être appliqués que lorsqu'on opère sur des masses considérables d'huile: tel est le cas de l'Angleterre, qui transforme annuellement de 28 à 30 millions de kilogrammes de cette huile, en bougie et en savon.

Dans les savonneries de l'Allemagne, où cette huile est aussi très-employée, on arrive à un résultat analogue à celui des usines industrielles sans aucune dépense d'installation. L'opération, en effet, s'effectue le plus souvent dans une chaudière à savon ordinaire, comme l'indique la figure 1.

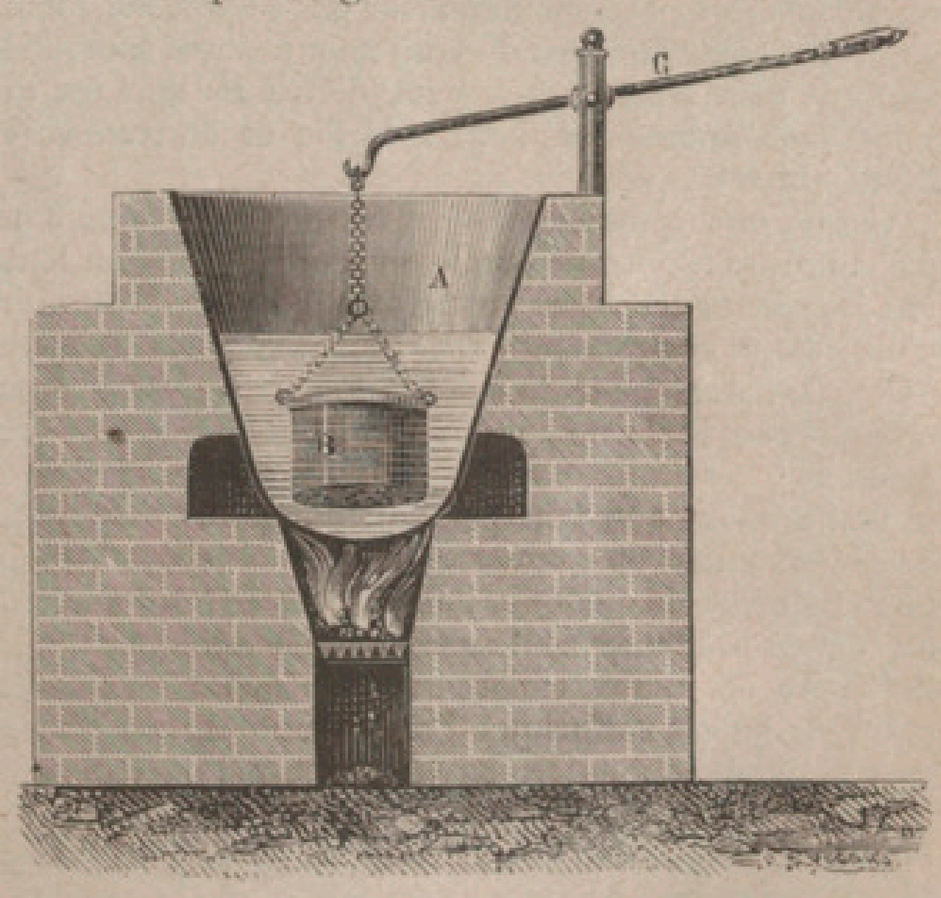


Fig. 1.

Quelques mots suffiront pour faire comprendre l'ensemble de cette disposition: AA, chaudière en tôle ou en fonte contenant l'huile; B, tronçon de cylindre à fond perforé en écumoir, ayant 0m,60 de diamètre et 0m,30 de hauteur; C, levier destiné à manœuvrer la cylindre B; chaque fois qu'il vient plonger dans le chaudière ce cylindre s'emplit d'huile qu'il laisse retomber, lorsqu'il s'élève, sous forme de pluie, par les nombreuses ouvertures dont son fond est garni.

SAVONS.

Disons d'abord que l'huile de palme naturelle ne peut être convenablement blanchie qu'après une épuration qui en élimine les substances étrangères qui s'y trouvent. Pour être plus explicite, nous supposerons une opération de 500 kilogrammes d'huile brute: cette huile est traitée avec son poids d'eau bouillante; quand elle est entièrement fluide, on jette le tout sur un tamis placé sur un cuvier en bois blanc, l'eau se précipite et l'huile surnage; c'est alors qu'on l'introduit dans la chaudière AA; toutefois il ne convient de prendre que les parties claires et limpides qui représentent, moins quelques centièmes, le poids total de l'huile. Les parties noirâtres ou fortement colorées en brun sont mises à part pour en faire un savon résineux commun.

Toute l'huile claire étant dans la chaudière, on chauffe progressivement entre + 100° et + 110° C. Pour n'être ni trop au-dessous, ni trop au-dessus de ces températures, on plonge de temps à autre un thermomètre à mercure dans la masse de l'huile. On peut ainsi diriger l'opération avec certitude, car tout ne dépend plus alors que de la conduite du feu qu'on actionne ou qu'on ralentit suivant qu'il en est besoin. Dès que la température arrive à + 100° C., on fait fonctionner l'appareil B, en manœuvrant le levier C. Par cette manutention, toutes les parties de l'huile sont mises dans un contact plus intime avec l'air dont elles absorbent l'oxigène, ce qui accélère l'opération, car ce gaz agit aussi comme agent décolorant. A partir de ce moment, on ne tarde pas à remarquer que la matière colorante se sépare de l'huile. Elle se sublime en une poudre impalpable jaune doré dont une partie se fixe sur les parois de la chaudière. A l'aide de quelques dispositions, il serait possible de recueillir cette riche matière qui, sans nul doute, pourrait trouver d'utiles applications dans les arts.

Quoi qu'il en soit, l'huile perd peu à peu sa couleur jaune naturelle. Quelques heures suffisent pour lui faire prendre une couleur blanchâtre inclinant légèrement au vert; il ne semble pas possible de lui communiquer une plus grande blancheur par ce procédé, même en prolongeant la durée du traitement. Aussi lorsque le point de décoloration qui vient d'être indiqué est atteint, on s'empresse de retirer le feu et de transvaser l'huile dans des cuviers.

Quand elle commence à se figer on l'entonne dans des tonneaux. Là elle éprouve une fermentation lente qui augmente sensiblement sa blancheur. Elle est alors d'un blanc légèrement grisâtre: c'est dans cet état qu'on l'emploie pour la fabrication des savons blancs ou marbrés, seule ou combinée avec d'autres matières grasses.

Remarquons que l'on pourrait améliorer l'ensemble de ce traitement, en soumettant l'huile ainsi décolorée, à une ébullition de quelques heures dans de l'eau acidulée à quelques millièmes seulement d'acide oxalique, d'acide tartrique ou mieux encore par un mélange d'acides chlorydrique et sulfurique, l'opération pourrait s'effectuer dans une chaudière en cuivre étamé ou dans une cuve doublée de plomb et chauffée directement par la vapeur d'eau. L'huile acquerrait ainsi une plus grande blancheur et une odeur plus agréable, car la chauffe à feu nu altère plus ou moins son arome.

X. *Huile palmiste.* — Cette huile est fournie par la noix du palmier, d'où lui vient son nom.

Le procédé usité pour en faire l'extraction consiste, soit à soumettre l'amande à une forte pression, soit à la faire bouillir dans l'eau. Le premier mode donne une huile plus limpide et plus belle, mais avec le second le produit est plus abondant.

Dans nos climats cette huile est concrète, et sa consistance se rapproche du beurre. Elle est ordinairement d'un blanc grisâtre, mais on nous en a montré qui avait la blancheur de l'axonge. De même que la plupart des huiles et des graisses exotiques, elle rougit le papier bleu de tournesol.

Dans les savons unicolores sans séparation cette huile s'allie supérieurement avec les autres matières grasses. Unie à une faible proportion de suif et d'huile de coco, elle forme un savon blanc usuel de toute beauté. Nous en avons préparé des quantités considérables pour le Levant où il est fort apprécié et bien payé.

Lorsque nous traiterons des savons unicolores, nous donnerons des renseignements détaillés et précis sur sa fabrication.

XI. *Suif végétal.*— Ce suif est encore un des nombreux produits exotiques importés en Europe. Il est, dit-on, fourni par les fruits du *vateria indica*. Son caractère physique le plus saillant est d'être excessivement dur; sa cassure est fine et serrée, presque cristalline; son odeur est peu prononcée, quoique agréable; sa couleur est d'un blanc jaunâtre. On le trouve dans le commerce en canons analogues à ceux du soufre raffiné, mais plus iridés et plus gros; cette forme indique qu'il a dû être coulé dans des bambous.

Ce suif se saponifie avec une extrême facilité, mais il se sépare assez difficilement de la lessive. Sous ce rapport il présente quelque analogie avec les huiles de coco, de coprah et de palmiste. C'est surtout pour les savons unicolores et sans relargage qu'il convient de l'employer seul ou mélangé avec d'autres matières grasses. Seul il forme avec les lessives de sel de soude un savon blanc et ferme d'une odeur agréable, mais qui manque absolument de transparence. Son rendement est considérable, comme nous le verrons ailleurs.

XII. *Huile de tournesol.* — Cette huile, encore peu connue dans l'industrie, est extraite par pression des graines du tournesol.

Elle se saponifie facilement par les lessives de soude; mais l'absence ou la faible quantité d'acide gras concrets qu'elle renferme, la rend peu propre à être employée seule. Le savon qu'elle forme reste longtemps mou: il finit cependant par acquérir une consistance solide. C'est alors un savon d'une belle apparence et d'une grande blancheur. Il mousse bien et est détersif à l'égal du savon d'huile d'olive; il l'est même davantage à raison de la plus forte proportion d'oléate qui entre dans sa composition.

Saponifiée avec 30/100 d'huile d'olive elle forme un savon immédiatement dur, agréable d'odeur et d'excellente qualité.

L'extraction de cette huile est exploitée en Autriche-Hongrie et dans plusieurs provinces du Danube. Sa valeur est, dit-on, moindre que celle des huiles oléagineuses et il y aurait peut-être quelque avantage à l'utiliser dans la fabrication des savons.

GRAISSES ANIMALES. — Nous avons vu précédemment que les divers corps gras affectent, suivant leur provenance, différents états de consistance, de coloration, d'odeur. Les graisses des différents mammifères ruminants qui sont très-riches en stéarine et en margarine, sont ordinairement concrètes à la température de nos climats. Celles des cétacés, où ces mêmes principes gras ou leurs similaires n'existent que dans des proportions relativement minimes, restent plus ou moins fluides.

Comme nous l'avons fait pour les corps gras de provenance végétale, nous n'examinerons dans ce travail que les graisses animales ayant une importance assez considérable pour constituer des matières premières pour la savonnerie.

I. *Graisse ou suif de bœuf.*— Elle est la plus abondante des graisses animales. Comme son nom l'indique, elle est extraite des tissus adipeux des bœufs où elle se trouve toute formée. Sa consistance est très-ferme dans la saison froide, car son point de fusion s'élève jusqu'à + 30° et même + 32°. Quant à sa couleur,

SAVONS.

elle est suivan l'âge des animaux d'un blanc plus ou moins jaunâtre; les plus jeunes donnent la graisse la plus blanche; mais celle des vieux, quoique plus colorée, est plus estimée pour les arts, parce qu'elle est plus riche en principes gras solides; elle renferme en effet, en moyenne, 70 pour 100 de stéarine et de margarine et 30 d'oléine. L'Australie et les État-Unis en importent des quantités considérables sur les différents marchés de l'Europe. Elle est, par excellence, la matière première des acides gras solides pour l'éclairage et des savons.

II. *Graisse ou suif de mouton.* — Cette matière grasse existe dans les différentes parties des tissus membraneux du mouton; elle est la première des graisses animales pour la consistance et la blancheur. Quand elle est pure, son point de fusion s'élève jusqu'à + 46°; cela explique l'abondance des principes solides qu'elle contient. D'après Chevreul, elle renferme 80 p. 100 de stéarine et de margarine et 20 pour 100 seulement d'oléine. C'est à un glycéride qu'elle doit son odeur caractéristique.

Cette graisse fournit avec la lessive de sel de soude un savon blanc très-dur; pour les applications économiques, on atténue la trop grande dureté de ce savon en mélangeant, à des degrés divers, la graisse de mouton avec des corps gras plus riches en oléine, comme le saindoux par exemple.

III. *Graisse de porc, saindoux ou axonge.* — Cette graisse diffère des deux précédentes par sa consistance onctueuse et molle. Elle a aussi un point de fusion moins élevé, car elle est fusible à + 27° environ. On remarque encore que ses constituants ne sont pas absolument identiques avec ceux des suifs de bœuf ou de mouton; car, outre la stéarine et l'oléine, on y trouve une assez forte proportion de palmitine, qui n'est peut-être, à la vérité, qu'un état particulier de la margarine.

Quoi qu'il en soit, cette graisse constitue une matière première intéressante pour la savonnerie, qui l'emploie seule ou unie avec d'autres corps gras. On en fait surtout un heureux et fréquent emploi pour la fabrication des savons de toilette, composés de graisses animales solides qu'elle rend plus onctueux et plus doux.

IV. *Graisse ou suif d'os.* — Cette graisse existe en d'assez fortes proportions dans les os frais. Son extraction est habituellement pratiquée dans les fabriques de noir animal. A cet effet les os, d'abord concassés, sont introduits dans une grande chaudière en cuivre étamé et bouillis pendant quelques heures avec une suffisante quantité d'eau.

Sous l'influence de l'ébullition la graisse monte à la surface de l'eau, d'où on l'enlève à mesure. Cette graisse, qu'on appelle ordinairement *suif d'os*, a une consistance intermédiaire entre le suif et l'axonge. Dans son état naturel, elle est d'un blanc roux ou grisâtre; on peut lui communiquer un certain degré de blancheur en la battant dans des cuviers avec de l'eau bouillante. Les fabriques de noir d'os de Paris, Bordeaux et Nantes produisent des quantités notables de cette graisse, qu'elles offrent à 15 ou 18 pour 100 au-dessous du prix du suif de bœuf. Elle est assez recherchée pour la fabrication des savons bruns. Celle que l'on se procure dans le commerce n'est pas toujours exempte de fraude; il est donc nécessaire de la soumettre à quelques essais préalables pour n'éprouver aucun mécompte.

Nous ne pousserons pas plus loin l'étude des corps gras; car, ceux que nous venons d'examiner sont à peu près les seuls que leur abondance et leur prix modéré permet d'employer en savonnerie. Cependant, avant d'abandonner ce sujet, nous dirons quelques mots de la fonte des suifs en branches par la vapeur. Ce procédé, que nous avons rendu industriel, est bien préférable à l'emploi du feu nu. En effet, à l'avantage de donner un suif plus beau, plus pur et moins odorant, il joint celui non moins considérable d'extraire jusqu'à la dernière molécule de matière grasse enfermée dans les tissus adipeux. De plus les suifs ainsi obtenus étant exempts de tout mélange de matières grasses inférieures, donnent des résultats plus constants et plus rémunérateurs par leur saponification; nous ajouterons que ce mode est particulièrement à recommander pour la fonte des suifs ou des graisses animales destinées à la fabrication des savons de toilette.

L'appareil que nous avons imaginé, pour ce travail, est représenté par la figure 2. Il se compose de:

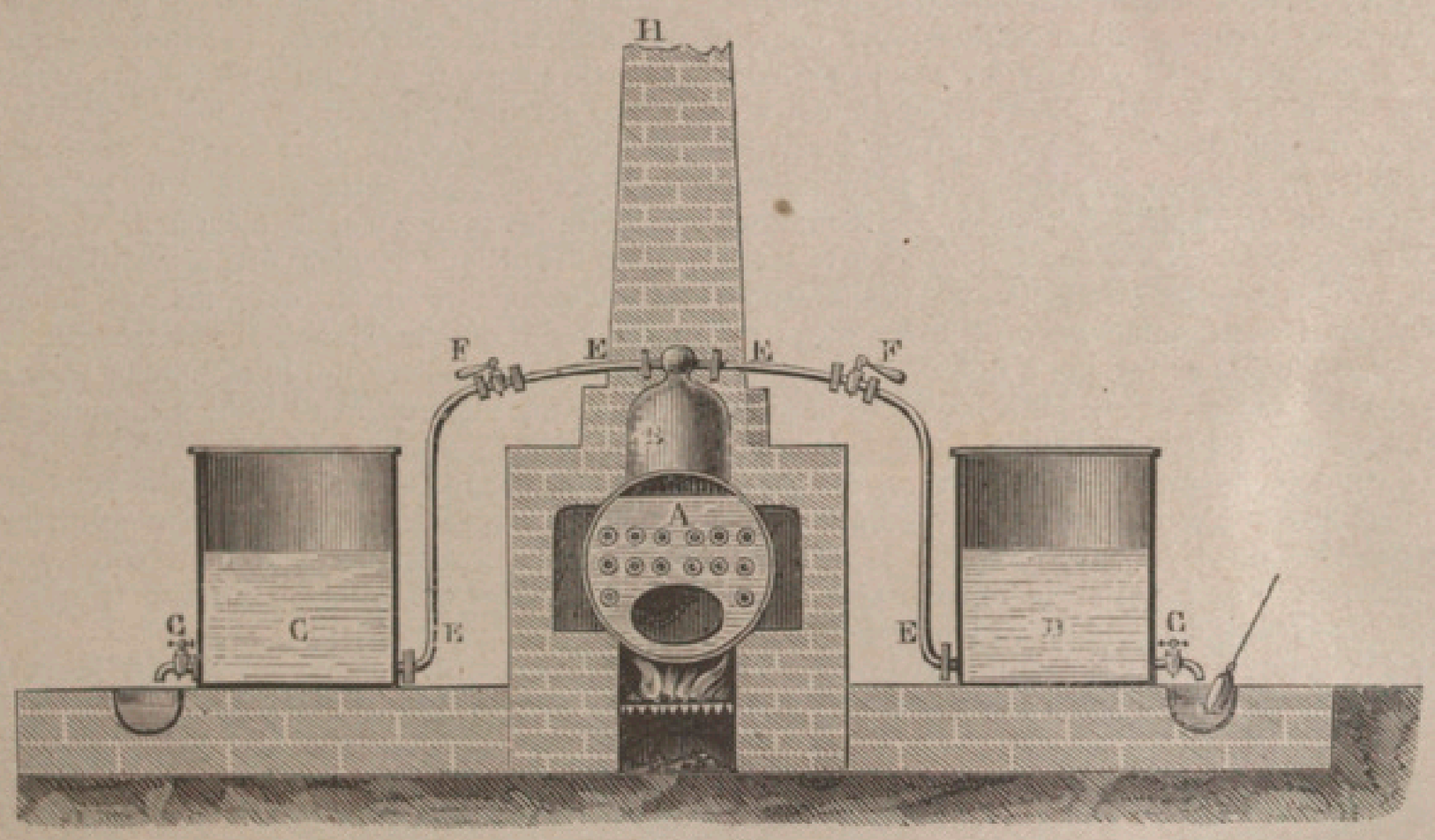


Fig. 2.

A — Chaudière tubulaire à foyer intérieur;
B — Dôme ou réservoir de vapeur;
C — Cuve où s'opère la fonte du suif en branche;
D — Cuve pour le traitement des résidus par l'eau acidulée;
EE — Tube amenant la vapeur engendrée dans la chaudière au fond des cuves C, D;
FF — Robinets pour prise de vapeur;
GG — Robinets de vidange des cuves;
H — Cheminée.

Pour nous rendre bien compte des conditions de l'opération, nous supposerons un traitement de 1000 kilogrammes de suif en branches, tel qu'il est fourni par les abattoirs.

Avant de fondre ce suif on le divise en tranches minces à l'aide de hachettes bien acérées; ou, ce qui est plus expéditif, en le faisant passer entre deux cylindres en fonte armés de lames et tournant en sens inverse. On arrive ainsi à ouvrir les cellules adipeuses dans lesquelles il se trouve enfermé, ce qui en rend l'extraction plus facile sous l'influence de la vapeur.

Pour le suif destiné à la fabrication des savons de toilette, il est toujours avantageux de lui faire subir, avant la fonte, plusieurs lavages à l'eau froide. Il est alors plus blanc, plus inodore et plus pur.

Quel que soit, d'ailleurs, le mode que l'on suive, il est important que le suif divisé soit soumis dans un bref délai à la fonte. Cette condition est surtout de rigueur dans la saison chaude.

Voici comment on procède à cette opération :

Lorsque la vapeur de la chaudière a atteint une tension de deux atmosphères, on l'introduit dans la cuve en ouvrant le robinet E. Cette cuve est emplie, à peu près aux deux tiers, de suif en branches bien divisé. La chaleur produite par la condensation de la vapeur dilate le suif, le fluidifie et détermine la rupture des cellules adipeuses qui le renferment. Alors, au moyen d'une cuiller, on le retire au fur et à mesure que la fonte s'opère, puis on le verse dans un tamis de crin placé au-dessus d'un grand cuvier en bois blanc où il dépose l'eau qu'il peut contenir. De ce cuvier on le décante dans un autre, et, lorsqu'il commence à se figer, on le verse dans des futailles en bois blanc où on le conserve pour l'usage. La durée de la fonte de 1000 kilogrammes de suif en branches, est d'environ huit heures. Ce résultat obtenu, on arrête la vapeur dans la cuve. Après avoir laissé refroidir quelques heures on soutire, à l'aide du robinet G, toute l'eau provenant de la condensation de la vapeur qui s'y trouve réunie. Cela fait, on traite les résidus par une certaine quantité d'eau acidulée par l'acide sulfurique. Dans un travail continu on a une seconde cuve semblable à la première qui est spécialement affectée à cette destination. Cette cuve, qui est désignée par la lettre D, est doublée en plomb afin de préserver le bois de l'action de l'acide qui, en se charbonnant, pourrait déterminer la coloration du suif. Pour le traitement des résidus résultant de la fonte de 1000 kilogrammes de suif nous employons 200 litres d'eau et 6 kilogrammes d'acide sulfurique à 66°.

Les choses étant ainsi, on introduit la vapeur dans la cuve et on fait bouillir quelques heures. Lorsque la réaction est terminée, on arrête la vapeur et on verse quelques hectolitres d'eau dans la cuve. Pour faciliter la séparation du sédiment, on agite le mélange pendant quelques minutes. Par le refroidissement, le suif se fige à la surface du liquide; on l'enlève et on lui fait subir plusieurs lavages à l'eau chaude pour lui enlever les faibles portions d'acide sulfurique qu'il peut retenir.

Enfin, pendant que le suif est encore chaud, on le verse dans un cuvier en bois blanc, où il se prend en masse par le refroidissement.

Ce suif est presque aussi blanc que celui qu'on retire directement du suif en branches. 1000 kilogrammes de ce dernier suif donnent, en moyenne, 900 kilogrammes de suif fondu très-pur. Ce procédé s'applique avec le même avantage à la fonte de toutes les espèces de graisses animales. Nous l'avons aussi employé pour l'extraction de la graisse d'os et la purification des fonds d'huiles.

Acide oléique. — Cet acide qu'on nomme aussi *oléine* ou *huile de suif* occupe, à juste titre, une place importante parmi les matières grasses qui alimentent nos savonneries de l'intérieur. Il est aujourd'hui produit comme matière secondaire en quantités énormes par les stéarineries; celles-ci l'obtiennent par deux pressages successifs, l'un à froid, l'autre à chaud, des acides gras solides provenant de la décomposition du savon calcaire par l'acide sulfurique. Il se trouve mélangé à ces acides gras à poids à peu près égaux.

Cet acide est d'un brun rougeâtre plus ou moins intense, selon le degré de coloration des acides gras solides dont il est éliminé par les presses. Sa saveur est âcre et son odeur rappelle cette espèce de ranci qu'on trouve dans les matières grasses acides. Sa densité, à la température de + 15°, est de 0,912. Enfin, par sa combinaison avec la soude, il forme un des meilleurs savons connus.

Remarquons que ces caractères spécifiques s'appliquent à l'acide oléique provenant de la saponification calcaire; car l'acide oléique qui résulte de la saponification sulfurique des suifs, n'a ni la même valeur ni la même importance pour la fabrication des savons, surtout pour ceux à base de soude.

Acide oléique décoloré. — Cette nouvelle matière grasse, qui est à peu près incolore, fournit avec la soude des savons d'une pâte bien fondue et surtout beaucoup moins colorés que ceux qui résultent de l'acide oléique usuel. C'est, au surplus, la même huile décolorée par une distillation effectuée, dans des appareils spéciaux, sous l'influence de la vapeur d'eau surchauffée.

Cet acide oléique blanc se saponifie facilement, mais plus lentement que le même produit brut. Le savon qu'il forme acquiert aussi plus difficilement de la consistance.

On nous avait affirmé que cet acide était propre à la fabrication des savons blancs. Pour élucider cette question nous avons fait deux expériences successives, en nous plaçant dans les meilleures conditions pratiques. Ces expériences nous ont montré à l'évidence l'impossibilité de faire du savon blanc avec cette huile, même en employant les lessives de sel de soude les plus incolores et les plus pures. Pendant la saponification la partie colorante de l'huile, plutôt dissimulée que réellement détruite, reparaît, et, quoique considérablement atténuée, elle persiste dans le savon confectionné, sans atteindre toutefois cette intensité de coloration qui caractérise les savons d'acide oléique brut.

L'acide oléique décoloré est essentillement propre à faire d'excellents savons durs, mais on doit renoncer à en faire des savons blancs. Il est très employé par la savonnerie unicolore qui le recherche pour le liant, la douceur et l'homogénéité qu'il communique aux produits.

DES ALCALIS. — Maintenant que nous connaissons les huiles végétales et les graisses animales les plus employées en savonnerie, il nous reste à étudier les bases alcalines qui déterminent leur transformation en savon.

Ces bases sont, comme on le sait, la potasse et la soude; pour le chimiste elles sont de véritables oxydes métalliques, dont le métal est le potassium pour la potasse et le sodium pour la soude. Ces métaux sont appelés alcalins parce que, combinés avec l'oxygène, leurs oxydes portent depuis longtemps le nom générique d'alcalis.

Quoi qu'il en soit de ces dénominations, les alcalis présentent les caractères ci-après :

1° Ils sont entièrement solubles dans l'eau;

2° Ils ont une saveur âcre et caustique;

3° Ils ramènent au bleu la teinture de tournesol rougie par un acide;

4° Ils neutralisent les acides et forment des sels;

5° Ils se combinent aux corps gras pour former des savons entièrement solubles dans l'eau.

Mais à côté de ces propriétés communes, ces deux

alcalis en ont d'autres qui leur sont particulières. La potasse exposée à l'air en attire l'eau et devient déliquescente; la soude, au contraire, se dessèche et devient efflorescente par son exposition à l'air. Combinée avec les acides sulfurique, azotique, chlorhydrique, la potasse forme des sels très-secs, qui se distinguent par une saveur amère très-prononcée; avec la soude les mêmes acides forment des sels hygrométriques, ayant une saveur salée, analogue à celle du sel marin.

Ces différences, pourtant essentielles, ne sont pas les seules qui distinguent les deux bases. Considérées dans leurs rapports avec l'art du savonnier, elles en présentent encore de plus caractéristiques. La potasse, avec quelque matière grasse qu'on la combine, forme toujours des savons de consistance molle et pâteuse, tandis que la soude, sauf quelques rares exceptions, produit toujours des savons solides, qui se séparent de la lessive alcaline où ils ont pris naissance.

Hydrate de potasse ou potasse caustique. — Cet hydrate forme la base des savons mous. Pour l'obtenir on décompose à chaud le carbonate de potasse dissous dans dix parties d'eau, par 40 pour 100 de chaux. Dans la réaction, il se forme du carbonate de chaux insoluble et la potasse reste dans la liqueur. Dans les arts, l'opération s'effectue dans une chaudière en fonte; au bout de quelques heures la liqueur surnageante est décantée; le marc de chaux est lavé à l'eau, et les liqueurs qui en résultent étant réunies à la première, le tout est évaporé jusqu'à fusion ignée.

L'hydrate de potasse ainsi obtenu est d'un blanc jaunâtre; sa saveur est très-caustique, et ses dissolutions aqueuses constituent la lessive de potasse. Combiné avec l'acide carbonique, il forme les différentes espèces de potasses carbonatées du commerce. Nous donnerons ici un aperçu des plus importantes pour la savonnerie.

Le carbonate neutre de potasse, KO, CO^2, constitue, sous différents noms, les diverses potasses du commerce. Nous renverrons aux articles **POTASSE** et **SALIN** pour la description des procédés d'extraction et de préparation de la potasse.

Nous rapporterons seulement ici le tableau donné par *Pesier* de la composition en centièmes des potasses que l'on trouve dans le commerce. Nous remarquerons seulement que l'habile et savant chimiste y a représenté la potasse et la soude libres, par leurs équivalents en carbonate neutre.

binaison de l'oxyde de sodium avec l'acide carbonique. Aujourd'hui l'industrie extrait cette importante base alcaline de trois sources différentes: 1° des lacs natroniferes, qui donnent le natrum par évaporation spontanée; 2° des plantes marines, dont on obtient par incinération les diverses soudes naturelles; 3° du sel marin qui donne la soude artificielle. Nous examinerons rapidement ces différentes soudes; remarquons toutefois, qu'au point de vue industriel, elles peuvent se diviser en *soudes naturelles* et en *soude artificielle*.

Carbonate de soude naturel ou natrum. — Le natrum est représenté par la formule CO^2, NAO. Ce sel existe naturellement en dissolution dans plusieurs lacs, et les chimistes attribuent sa formation à la décomposition du chlorure de sodium sous l'influence d'un carbonate calcaire; mais cette théorie n'est pas généralement admise.

Les principaux lacs natroniferes de l'ancien continent sont en Arabie, en Afrique et en Hongrie principalement dans les vastes plaines comprises entre le Danube et la Theiss.

Ces lacs ont ordinairement beaucoup d'étendue et peu de profondeur. Durant les chaleurs de l'été, le soleil en vaporise l'eau et le natrum se dépose sur leur fond en plaques cristallines d'un blanc grisâtre, qu'on purifie par voie de dissolution et de cristallisation; il est alors blanc et net et tel que la plupart de ses applications l'exigent. Ce sel s'effleurit rapidement à l'air et perd une partie de son eau de cristallisation. Sa constitution chimique est d'ailleurs fort complexe, car il cristallise avec tous les sels cristallisables que les eaux qui le fournissent renferment; mais après sa purification il présente une composition assez constante. C'est du moins ce qui résulte de l'analyse suivante qui résume les moyennes d'un grand nombre d'essais. Sur cent parties on trouve:

Carbonate de soude.	52
Sel marin.	25
Sels divers et matières insolubles.	04
Eau de cristallisation.	19

Le natrum est encore aujourd'hui employé par les fabriques de savons qui existent dans les lieux de sa production; les teinturiers en consomment aussi d'assez grandes quantités pour le dégraissage des laines brutes; mais il n'arrive plus à nos fabriques depuis la découverte de la soude artificielle.

COMPOSITION DES PRINCIPALES POTASSES COMMERCIALES.

DÉSIGNATION.	POTASSE de Toscane.	POTASSE de Russie.	POTASSE d'Amérique rouge.	POTASSE d'Amérique perlasse.	POTASSE des Vosges.	POTASSE de mélasse de betterave.
Sulfate de potasse.....	13.47	14.11	15.32	14.38	38.84	1.197
Chlorure de potassium.....	0.95	1.09	8.15	3.64	9.16	4.160
Carbonate de potasse.....	74.10	69.61	68.04	71.38	38.63	76.440
Carbonate de soude.....	3.01	3.09	5.85	2.31	4.17	16.330
Eau hygroscopique.....	7.28	8.82	» »	4.56	5.34	0.600
Substances insolubles et perte...	1.20	2.28	2.64	2.73	3.80	1.149
Degrés alcalimétriques.....	56 »	53.1	55 »	54.4	31.6	69.3

Soude. — Dans le commerce on désigne ordinairement sous le nom de soude le sel qui résulte de la com-

Carbonate de soude extrait des plantes marines. Soudes végétales. — Ces soudes, très-anciennement connues,

SAVONS.

sont le produit de l'incinération de certaines plantes marines, plus ou moins riches en sels sodiques à acides végétaux. Leur production était autrefois importante en Espagne, dans les Deux-Siciles et même en France.

Mais depuis la découverte de la soude artificielle, cette dernière les remplace dans la plupart de leurs applications et notamment dans la fabrication des savons. La savonnerie française qui, au commencement du siècle, consommait annuellement pour plus de 20 millions de francs de soudes d'Espagne, n'emploie plus maintenant que des soudes artificielles.

Ces soudes sont cependant d'un emploi très-économique dans la fabrication de certaines sortes de savons blancs à l'huile d'olive non *liquidés*. Moins alcalines et plus abondantes en sels neutres solubles que les soudes artificielles, elles peuvent être employées dans une beaucoup plus forte proportion que les dernières sans que le savon devienne efflorescent. Un autre avantage inhérent à ces soudes, c'est de communiquer au savon une teinte légèrement bleuâtre à l'intérieur; les parties exposées au contact de l'air blanchissent au contraire très-rapidement par l'oxydation des surfaces. Pour ces sortes de savons, dont l'usage est fort répandu en Espagne, en Italie et dans l'Autriche méridionale, nulle autre soude ne peut remplacer les soudes naturelles de bonne provenance; car, aussi rigoureusement limitée que soit la proportion de lessive employée pour arriver à la cuite, le savon est trop alcalin. Ajoutons, enfin, que les savons d'huile d'olive faits avec ces soudes sont d'un rendement très-élevé et aussi remarquables par leur excellente qualité que par leur blancheur.

Au surplus ces soudes varient beaucoup entre elles par leurs caractères extérieurs, ainsi que par leur constitution chimique. Il est toutefois à remarquer que la barille douce présente le type le plus pur des soudes végétales; elle provient de la *salsosa soda* que l'on cultive particulièrement à Alicante, à Carthagène, à Malaga, provinces espagnoles dont la soude prend ordinairement le nom. La soude des autres provenances est, en général, moins pure et moins riche en carbonate sodique.

Soude artificielle. — Le procédé découvert par Nicolas Leblanc est, malgré d'innombrables tentatives, le seul que nous possédions pour obtenir industriellement la soude. Il est cependant juste de dire que les moyens d'exploitation indiqués par cet éminent chimiste ont été successivement perfectionnés. Les fours à cuvette en fonte à deux galeries ont remplacé les anciens fours à bastringues; l'acide chlorhydrique, qui se produit en si grande abondance lors de la transformation du chlorure de sodium en sulfate, est aujourd'hui recueilli intégralement dans de vastes appareils de condensation. Constatons enfin, et ce résultat est important, que le four tournant de MM. Elliot et Russel qui fournit 30,000 kilogrammes de soude en vingt-quatre heures, produira, en se généralisant, une véritable révolution dans cette branche d'industrie.

Le procédé de N. Leblanc repose: 1° sur la transformation du chlorure de sodium en sulfate de même base au moyen de l'acide sulfurique; 2° sur la transformation du sulfate de soude en carbonate sous l'action de la craie et du charbon. Les fabriques de soudes françaises adoptent généralement les proportions respectives ci-après des matières précitées:

Sulfate de soude calciné. . .	2000
Carbonate de chaux.	2000
Charbon minéral.	1000
Total.	5000

Les matières d'abord pulvérisées et mélangées sont calcinées jusqu'à fusion pâteuse dans un four à réverbère de forme elliptique préalablement chauffé au rouge. La réaction dure quelques heures. Lorsque les ouvriers jugent qu'elle est complète, ils retirent la soude du four à l'aide de râbles.

Les proportions des matières ci-dessus donnent la soude artificielle douce. Cette soude, telle que la produisent aujourd'hui nos grandes fabriques de Marseille, de Paris et de Lille, est d'une grande richesse; en moyenne elle renferme sur 100 parties en poids:

Carbonate de soude.	45
Oxy-Sulfure de calcium.	30
Chaux caustique.	10
Carbonate de chaux.	05
Substances étrangères diverses.	10
Total.	100

La soude artificielle brute est aujourd'hui la seule matière alcaline qu'emploie la savonnerie marseillaise; c'est elle aussi qui fournit la soude caustique et les sels de soude carbonatés. L'industrie chimique possède des moyens très-perfectionnés et très-ingénieux pour obtenir ces produits. Mais l'opération fondamentale consiste à extraire, de la soude brute, tout le carbonate qu'elle renferme. La méthode de lixiviation simple à froid, par filtration, est la plus généralement employée; l'eau dissout peu à peu les parties solubles qu'on en extrait ensuite par évaporation, cristallisation ou calcination, suivant la nature du produit.

Les différentes espèces de sels de soude qu'on retire de la soude artificielle sont: 1° le carbonate de soude anhydre; 2° le sel de soude caustique; 3° le sel de soude cristallisé. Pour la description de l'industrie de la soude, nous renverrons à l'article SOUDE de cet ouvrage.

Hydrate de soude ou soude caustique. — Depuis une vingtaine d'années, on prépare industriellement cet hydrate, qu'on appelle aussi *pierre de soude* ou *pierre de savon*, en décomposant le carbonate de soude en dissolution par la chaux. En évaporant les différentes liqueurs provenant de ce traitement dans des chaudières de fonte jusqu'à une densité d'environ 2,000, ces liqueurs se prennent en masse par le refroidissement et constituent l'*hydrate de soude* ou *soude caustique;* ce produit contient 22 pour 100 d'eau. Rappelons que les dissolutions aqueuses de cet hydrate forment de véritables lessives de soude caustique qu'on peut employer directement à la fabrication des savons durs. Le tableau suivant de Dalton exprime les quantités pondérables de soude que ces liqueurs renferment à différentes densités.

Densité.	Poids de la soude.	Densité.	Poids de la soude.
200	77,8	140	29,0
185	63,6	136	26,0
172	53,8	132	23,0
163	46,6	129	19,0
156	41,2	123	16,0
150	36,8	118	13,0
147	34,0	112	9,0
144	31,0	106	4,7

PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA FABRICATION DES SAVONS. — La fabrication manufacturière des savons repose sur une combinaison d'opérations à la fois techniques et chimiques qu'il convient d'étudier sommairement, afin d'avoir une idée d'ensemble précise des procédés par lesquels on arrive à convertir les matières premières en savon.

Mais, avant d'aller plus loin, nous dirons quelques mots des lessives, dont nous indiquerons ultérieurement le mode de préparation qui s'applique à chaque série ou catégorie de savon.

Considérées chimiquement, les lessives sont de véritables dissolutions d'hydrates d'oxydes de potassium ou de sodium. Leur préparation, dans les savonneries, est l'objet de très-grands soins, car nous avons vu précédemment qu'elles sont un des éléments constituants des savons. C'est seulement, en effet, sous cette forme d'hydrate, c'est-à-dire en dissolution dans l'eau, que les oxydes alcalins qu'elles renferment sont aptes à réagir chimiquement sur les matières grasses d'origines diverses et à déterminer progressivement leur transformation en savon parfait.

La préparation des lessives constitue une opération importante; on y emploie la potasse et la soude ; mais comme ces deux bases sont à l'état de carbonate, on leur enlève l'acide carbonique au moyen de la chaux. La première et la plus essentielle des conditions pour faire de bons savons, c'est de développer dans les lessives toute la causticité possible. Pour cela, il faut employer la meilleure qualité de chaux ; il faut aussi que cette chaux soit récente, car c'est alors qu'elle possède son maximum d'énergie. La chaux ancienne donne de moins bons résultats; l'action de cette base sur les carbonates alcalins est, en effet, toujours proportionnelle à sa causticité, c'est-à-dire à sa puissance d'absorption de l'acide carbonique.

La théorie de la caustification des lessives repose essentiellement sur cette action de la chaux.

La chaux décompose les carbonates solubles de potasse et de soude en s'emparant de l'acide carbonique; il se forme, d'une part, du carbonate de chaux insoluble qui se précipite ; et, d'autre part, des oxydes de de potassium ou de sodium, qui forment, avec l'eau employée comme dissolvant, de la lessive de potasse ou de soude, selon que l'on fait intervenir l'une ou l'autre de ces bases dans l'opération. Suivant la nature des matières alcalines employées, on distingue plusieurs espèces de lessives :

1° La soude artificielle donne les lessives douces et salées, qui interviennent dans la fabrication des savons blancs et marbrés façon Marseille;

2° Les sels de soude fournissent les lessives employées pour la fabrication des différentes espèces de savons durs, y compris ceux de toilette;

3° La potasse produit les lessives qui servent à la fabrication des savons mous ;

4° Les cristaux de carbonate de soude donnent les lessives pour les savons de toilette durs faits à froid.

Examinons maintenant la série des opérations nécessaires pour amener les matières saponifiables à l'état de savon. Nous nous occuperons plus spécialement dans ces généralités de la fabrication marseillaise, qui, à part quelques variations, résume, dans ce qu'elles ont de plus rationnel et de meilleur, toutes les méthodes particulières qui se rapportent aux différentes espèces de savons préparés sur lessive. Elle comporte quatre opérations ou périodes distinctes : 1° l'empâtage ; 2° le relargage; 3° la coction ; 4° la liquidation pour le savon blanc et la madrure pour le savon marbré.

1° *Empâtage.* — C'est le premier traitement que l'on fait subir aux matières grasses d'origines diverses pour les combiner avec l'alcali. Il est d'une importance extrême au point de vue du rendement et de la bonne qualité du savon. On n'aura jamais ni l'un ni l'autre si l'empâtage est mal réussi.

La manière d'y procéder diffère selon les matières grasses sur lesquelles on opère. Si ces matières sont riches en principes solides, comme, par exemple, les huiles d'olive et les suifs, il convient de commencer avec des lessives faibles et pures, dans lesquelles on aura développé toute la causticite possible : leur degré peut varier de 8° à 12° B. Le premier convient plus spécialement pour les huiles d'olive, le second pour les suifs, les graisses animales et l'huile de palme.

La quantité de lessive à employer n'est pas non plus constante; elle n'est cependant jamais au-dessous de 60 pour 100 du poids de la matière grasse, et elle en excède rarement le poids. On commence ordinairement avec la moitié ou les deux tiers de la lessive que l'on chauffe d'abord jusqu'à l'ébullition, car son action est alors beaucoup plus rapide; les additions qu'on fait ensuite doivent être successives et pas trop précipitées et continues. Les praticiens jugent que la cuite a besoin de lessive lorsque la matière commence à adhérer sur le fond de la chaudière et qu'il s'en exhale des fumées.

Après cette première lessive, on en emploie une seconde d'un degré plus élevé, à 12° par exemple. La proportion est des deux tiers de la première; l'ébullition doit être modérée, plutôt active que trop lente. L'ébullition, en provoquant un mouvement continu dans la masse, détermine une émulsion qui rend plus facile la combinaison des matières. On termine le plus souvent avec de la lessive à 15° ou 20°, qu'on emploie dans le rapport de 20 à 25 pour 100 du poids de la matière grasse.

Vers la fin, l'émulsion savonneuse forme un mélange parfaitement lié et homogène : si l'opération a été bien conduite, on doit n'apercevoir ni huile ni lessive. Celle-ci, effet, n'est pas en quantité suffisante, ni à un degré assez fort pour produire la séparation de la matière saponifiée.

Qu'on ne l'oublie pas, l'empâtage est l'opération primordiale en savonnerie. On ne saurait par conséquent y apporter trop d'attention et de soins. Partout on y attache une importance extrême, et ce n'est pas sans raison.

Disons, pour la règle, que la contenance des chaudières est d'environ 3 hectolitres par 100 kilogrammes de corps gras. A Marseille, on traite à chaque opération depuis 4,000 jusqu'à 10,000 kilogrammes d'huiles, et l'empâtage dure de 30 à 40 heures: il y aurait danger à le précipiter.

Ce qui précède s'applique plus particulièrement à l'empâtage des huiles d'olive, des suifs et des graisses animales, substances riches en principes solides.

Pour l'acide oléique, les conditions de l'empâtage sont différentes. Cette huile, ne contenant qu'une proportion relativement faible d'acides gras solides, peut être directement saponifiée avec des lessives à 18°, 20° et même 25° Beaumé, correspondant aux densités de 1140, 1160, 1200.

La même remarque s'applique à l'huile ou beurre de coco. Cette huile se saponifie aussi directement, et par simple amalgame, avec des lessives d'une densité qui peut atteindre 1260 ou 30° Beaumé. Sa saponification deviendrait même très-difficile, sinon impossible avec des lessives moyennes ou faibles, en raison de la longueur de l'opération et des écumes abondantes que l'ébullition détermine dans le mélange.

Nous ajouterons que cette huile s'allie mal avec l'huile d'olive et les autres matières grasses employées dans la fabrication des savons solides relargués et cuits sur lessive. Lors de la séparation, on en perd une partie qui reste en dissolution dans la lessive, car le savon qu'elle forme n'est insoluble que dans des lessives très-concentrées et renfermant une forte proportion de sel marin. On l'emploie cependant pour les savons de toilette en faible proportion, en raison de ses propriétés éminemment émulsives. Cette huile ne conserve tous ses avantages que dans la confection des savons lisses unicolores, seule ou mélangée avec d'autres matières grasses, en opérant sans séparation et dans un temps très-court.

2° *Relargage.* — L'empâtage terminé, les matières grasses forment avec la lessive un savon imparfait ; il aurait peu d'avantage à le continuer dans cet état, car outre l'inconvénient d'avoir une pâte moins belle, s'il s'agissait d'un savon blanc, cette manière de procéder entraîne encore une plus grande dépense de temps, de combustible et de lessive. C'est donc une nécessité, une

économie même, d'éliminer les lessives usées de l'empâtage avant de commencer la cuite ou coction.

Ici, il y a quelques remarques à faire, car, dans la séparation, il convient de tenir compte de la nature des matières sur lesquelles on opère. Disons d'abord qu'en principe l'opération du *relargage* est fondée sur l'insolubilité à peu près complète des savons de soude dans les dissolutions de sel marin ou dans les lessives de soude fortement concentrées. Disons aussi que les recuits que l'on emploie pour cette opération agissent surtout par le sel marin qu'ils contiennent ordinairement en fortes proportions.

Le sel marin est donc l'agent principal sous l'action duquel les dissolutions de savon se grumellent et abandonnent peu à peu leur dissolvant, que celui-ci soit de l'eau ou des lessives.

Une longue expérience nous a démontré qu'il n'est ni expéditif ni avantageux de procéder au relargage dès que l'empâtage est terminé ; il est toujours mieux de laisser reposer et refroidir la pâte quelques heures, même plus longtemps si la saison est chaude; alors la séparation se fait plus rapidement; elle est aussi plus complète et moins coûteuse.

Dans les savonneries, c'est presque toujours de recuits qu'on se sert; mais, pour en tirer tout l'effet qu'ils peuvent produire, ils doivent être froids, parfaitement limpides et marquer de 20 à 30 degrés.

Pour les savons d'huile d'olive, ou des mélanges de cette huile avec les huiles de sésame ou d'arachide, nous avons trouvé un avantage réel à laisser refroidir la matière empâtée 12 ou 15 heures en chaudière découverte avant d'en effectuer le relargage. Nous avons également reconnu que, dans ces conditions, il était préférable d'ajouter aux recuits 1/10 ou 1/20 de lessive neuve à 25° ou 28° Beaumé. Par cette marche, nous avons toujours pu obtenir une séparation rapide et complète de la matière saponifiée, qui vient surnager sur la liqueur où elle a pris naissance. Cette lessive, ou eau-mère, ne tient en dissolution que des sels neutres: on n'y trouve plus de soude caustique.

Quelques praticiens provoquent la séparation du savon pendant l'empâtage même. Lorsque la matière est bien liée, ce qui a lieu quelques heures après l'ébullition, ils commencent à projeter peu à peu dans la chaudière un mélange de lessive neuve et de recuit ; cette manière est surtout usitée pour la fabrication des savons de toilette; elle n'est que rarement employée pour les autres savons.

Observons, en passant, que dans quelques espèces de savons marbrés ayant le suif pour base, on substitue le sel marin en nature à ses dissolutions et aux recuits.

Pour avoir une séparation complète et prompte, on emploie 7 à 8 parties de sel marin ponr 100 de matières grasses. Quelques heures de vive ébullition suffisent pour détacher toute la lessive en excès dans la pâte; celle-ci, toute grumelée, se rassemble à la surface du liquide.

Nous ajouterons enfin que le relargage des empâtages d'huile de coco, seule ou mélangée avec d'autres matières grasses, ne peut être convenablement exécuté que sur des pâtes savonneuses préalablement refroidies à + 50° ou + 60°. On éprouverait dans ce cas des difficultés sérieuses si l'on voulait procéder à cette opération à la température de l'ébullition, comme on le fait pour les empâtages de suif et autres graisses animales, où les principes gras concrets abondent.

3° *Coction.* — Suivant l'importance des charges et la nature des matières grasses, on procède à la coction en un ou plusieurs services. Les lessives qu'on y emploie marquent de 18° à 30° B. Ce sont toujours les plus faibles qu'on utilise les premières.

A Marseille, où les huiles limpides forment la presque totalité des matières grasses, la masse savonneuse

conserve longtemps sa fluidité, on opère la cuite par des services successifs de lessive les uns à froid, les autres à l'ébullition. Pour les services à froid, on brasse à chaque fois le mélange, afin de mettre toutes les parties de la pâte en contact direct avec les lessives, qu'on soutire après un repos de quelques heures. On termine la cuite ou *coction* par un ou plusieurs services à la température de l'ébullition, qui achèvent de saturer complétement le savon d'alcali.

Pour les matières grasses solides, telles que les suifs et les graisses animales, on ne donne que le premier service à froid ; ce n'est même pas toujours possible, car il arrive quelquefois que la matière se fige et se prend en masse au contact des lessives froides.

Les caractères de la cuite sont connus de tous les praticiens, mais ces caractères ne sont pas tous suffisants. Il ne faut pas seulement que le savon soit cuit, il faut aussi en dégager l'odeur générique inhérente à chaque matière grasse. Ce n'est qu'à ce caractère spécial et précis que l'on reconnait qu'un savon est bien cuit ; l'odeur est agréable et même suave dans les savons d'huile d'olive et dans ceux d'huile de palme : elle est agréable dans tous après l'entière et parfaite saturation de la matière grasse.

La causticité de la lessive à la fin de la cuite est aussi un des caractères essentiels de la saturation du savon. Le degré n'est pas non plus à négliger, car il fournit d'utiles indications.

Pour les savons qui doivent être liquidés, comme les savons de toilette, ou le blanc d'huile d'olive ou même celui d'acide oléique, on ne doit terminer la cuite que lorsque la lessive de la chaudière marque 27° ou 28° Beaumé. Ce n'est qu'à ces degrés élevés qu'on peut avoir un grain dur, nerveux et d'une grande densité. Si la lessive était seulement à 24° ou 25°, la liquidation deviendrait difficile, imparfaite même, car la pâte se liquiderait trop complétement avant son entière épuration.

Les savons marbrés, quoique n'ayant besoin que d'une demi-liquidation, doivent être également tirés sur lessive à 28° ; ils sont alors plus denses et les grumeaux se dissolvent plus lentement sous l'influence des lessives faibles qu'on emploie pour y déterminer la marbrure. Dans ces savons, c'est surtout le grain de la cuite qui assure la beauté de la marbrure.

Pour les savons non liquifiés ou à demi-liquifiés seulement et extraits directement sur lessive pour être versés dans les mises, tel, par exemple, que le blanc d'huile d'olive préparé avec les soudes naturelles, ou le savon de suif, d'axonge, la lessive à la fin de la cuite ne doit pas être au-dessous de 15°, ni au-dessus de 20°, bouillante. Dans le premier cas, la pâte trop peu concentrée manque de consistance; elle est trop dure et parfois cassante dans le second.

Les savons cuits également sur lessive et contenant de la résine doivent être tirés sur lessive à 18° ou 20°, les savons bruns, très-chargés de résine, sont tirés à 24° et même 26°. Au-dessous, la pâte se lie. Le savon d'acide oléique non liquifié doit être extrait sur lessive à 18° au moins; au-dessous il reste mou.

On voit par ces indications pratiques que le degré auquel on lève les cuites n'est pas indifférent; il doit, en effet, être en rapport avec l'espèce de savon que l'on veut obtenir. Généralement, il est plus fort dans les savons qui doivent être liquidés que dans ceux qui ne subissent pas cette opération.

4° *Liquidation.* — Cette opération ne s'applique ordinairement qu'au savon blanc de Marseille et aux savons de toilette. Pour être complète et bien faite, le savon, comme il vient d'être dit, doit être non-seulement bien cuit, mais encore tiré sur lessive à 28° ou 30° B.

Naguère encore on épurait les pâtes par des lotions

SAVONS.

successives de lessives faibles, suivies de soutirages, pour en extraire l'alcali en excès.

Mais depuis déjà un certain nombre d'années, du moins pour le blanc de Merseille, on opère plus rapidement, avec plus d'économie et aussi plus efficacement au point de vue de la pureté du produit. Après avoir soutiré par l'épine la totalité de la lessive forte sur laquelle le savon cuit surnage, on verse dans la chaudière une quantité de lessive à 4° égale à 30 ou 40 pour 100 du poids de l'huile, puis on chauffe.

Lorsque l'ébullition commence, — elle doit être d'abord très-modérée, — on continue l'opération par des additions d'eau pure. Sous l'influence de la chaleur, le grain du savon se dissout graduellement ; il devient flasque, étendu, volumineux, presque lié, mais la masse savonneuse flotte encore sur la lessive. Si on ne veut pas une liquidation complète, on examine de temps à autre des échantillons qu'on verse bouillants dans des verres. Tant que la lessive se sépare claire du savon, on n'est pas allé trop loin; mais il faut de la pratique et une attention soutenue pour ne pas dépasser le but. S'il l'était, on provoquerait de nouveau la séparation par une addition, la plus minime possible, de lessive forte ou de recuits blancs. Disons qu'à la fin de l'opération, le gras se sépare du savon et communique une teinte grise à la masse entière.

Ce mode rapide donne une pâte fort bien épurée, douce, ferme et toujours moins alcaline que par l'ancienne méthode traditionnelle.

L'épuration des savons de toilette composés de corps gras solides, tels que suifs, saindoux, huile de palme, se fait de plusieurs manières; la plus usitée est la suivante: Après l'extraction de la lessive qui a servi à la cuite, on verse dans la chaudière des recuits blancs filtrés sur des marcs de chaux et marquant 12° à 15° Beaumé. La proportion est de 80 à 100 litres par 100 kilogrammes de matière grasse primitivement employée. On fait bouillir légèrement quelques heures. Pendant ce temps, un ouvrier muni d'une pelle en fer ramène le savon des bords au centre de la chaudière où l'ébullition fait affluer la lessive. Après un repos suffisant, on soutire cette lessive, dans laquelle a passé la plus grande partie de la soude caustique qui était contenue dans la pâte savonneuse, et on achève la désalcalisation de cette dernière avec des recuits de 6° à 4°; mais vers la fin on n'emploie que de l'eau seule, que l'on verse par petites portions, jusqu'à ce que le grain du savon soit brisé, dissous, fondu; il faut procéder avec prudence. Il convient, en effet, que la pâte reste toujours ouverte, c'est-à-dire séparée de la lessive, ce qu'on peut reconnaître en en prenant de temps à autre quelques échantillons dans le bouillon, qu'on verse aussitôt dans des verres.

Dans cette période de la liquidation, il est très-utile de modérer l'action du feu, car la masse savonneuse étant à ce moment presque entièrement fluide, il faut veiller à ce qu'elle n'adhère pas au fond de la chaudière qui est alors fortement chauffé. Il est toutefois à remarquer qu'aujourd'hui beaucoup de fabricants ne portent pas la liquidation au point de faire tomber le gras; nous approuvons assez cette manière, car le gras, étant formé en partie d'oléate de sodium, constitue l'élément le plus émulsif et détersif du savon. Dans ce cas, les lessives sur lesquelles on lève la cuite sont seulement gélatineuses. Elles marquent en moyenne 10° Beaumé, froides. Pour obtenir une liquidation complète, on attend que le savon soit entièrement lié et filant: dans les deux cas, on laisse reposer 12 ou 15 heures en chaudière bien couverte avant de le verser dans les mises. Pour le savon blanc de Marseille, le repos en chaudière est de trois ou quatre jours, suivant la saison et la masse.

En somme, cette opération est délicate, difficile; elle exige une attention soutenue. Les praticiens se guident sur le degré d'alcalinité des lessives de la chaudière, et surtout sur l'état de la pâte savonneuse, dont l'aspect se modifie graduellement à mesure qu'elle s'épure. Disons enfin qu'un savon de toilette convenablement liquidé doit être doux, neutre, homogène et produire une mousse abondante avec l'eau.

Quant à l'opération de la madrure, nous avons vu précédemment qu'elle s'applique seulement au savon marbré. Elle a pour objet d'y introduire l'eau de composition nécessaire, en même temps que d'y disséminer, sous forme de veines bleues, le savon à base d'alumine et de fer qui se produit pendant la saponification. Constatons, en passant, que cette espèce particulière de savon insoluble résulte d'une combinaison très-minime d'acides gras avec les oxydes de fer, d'alumine et de sulfure de fer contenus dans la soude artificielle. Nous reviendrons ailleurs, pour les détails, sur cette intéressante opération.

Ici se terminent les observations générales qui doivent guider le praticien dans la fabrication des principales espèces de savons; l'application des règles se rapportant à chacune d'elles devant faire l'objet d'une autre partie de ce travail.

FABRICATION DES SAVONS DURS A BASE DE SOUDE. — On a pu remarquer dans l'historique qui sert d'introduction à ce travail, que les savons solides s'obtiennent par deux méthodes différentes: l'une dite *à la grande chaudière*, sert à préparer tous les savons cuits sur lessive; l'autre, dite *à la petite chaudière*, s'applique aux savons obtenus sans relargage. Nous nous occuperons plus spécialement de la première qui est exclusivement employée par la savonnerie marseillaise.

Fabrication marseillaise. — Marseille, nous l'avons déjà dit, fabrique deux espèces de savons qui sont: le savon marbré et le blanc liquidé. Depuis le commencement du siècle, depuis une trentaine d'années surtout, sa production s'est accrue dans d'énormes proportions. Par suite de cette situation, elle a dû introduire d'importantes et radicales modifications dans ses moyens de fabrication. La soude artificielle, et c'est là un fait considérable que nous avons déjà constaté, y a partout remplacé la soude naturelle. Les huiles végétales et les graisses animales de provenance indigène ou exotique y ont été employées concurremment avec l'huile d'olive. Beaucoup de ces matières, autrefois considérées comme impropres à cette fabrication, lui ont rendu de réels services, à raison de leur prix relativement peu élevé. De ce nombre sont surtout les huiles de sésame, d'arachide de coton, qui, combinées en des proportions déterminées avec les huiles d'olives, ont donné d'excellents mélanges pour les savons marbrés dont, soit dit en passant, la production atteint annuellement 70 millions de kilogrammes. Même pour les savons blancs, elle mélange l'huile d'olive avec l'huile d'arachide ou l'axonge. Faut-il voir là une dérogation à ses principes traditionnels? C'est une opinion que nous ne saurions ni partager, ni admettre. La situation spéciale de cette grande industrie, les intérêts divers et nombreux qui s'y rattachent, lui imposaient ces diverses transformations. C'est ce qu'elle a fait, mais loyalement; elle n'a admis dans ses combinaisons, et après une étude sérieuse et approfondie, que celles des matières qui par leur nature pouvaient fournir des savons d'une qualité équivalente à ceux de l'huile d'olive. Opérer cette réforme était pour elle une question vitale une question d'existence. Qui pourrait l'en blâmer? Qui pourrait d'ailleurs affirmer que ses produits d'autrefois étaient supérieurs à ceux d'aujourd'hui?

Cette marche était, en effet, la seule logique, car, sous l'influence d'une ardente compétition et de la cherté toujours croissante des matières premières, cette belle industrie ne donne, en général que des résultats assez peu rémunérateurs. Ce n'est donc que par une activité soutenue, par une économie raisonnée, qu'elle peut sou-

tenir son ancien prestige et la légitime considération de ceux qui l'exploitent.

SAVON MARBRÉ. — Ce savon est incontestablement celui qui jouit de la réputation la mieux méritée; car l'impossibilité d'y introduire en proportions notables des matières étrangères sans en dénaturer la marbrure, lui assure une composition à peu près identique. Toutefois, remarquons que les beaux savons marbrés ont toujours pour base principale les huiles d'olives. Nous dirons également que les huiles les plus blanches et les plus riches en principes solides sont celles qui fournissent les produits les plus beaux, les plus fermes et les plus estimés. La fabrication de ce savon comporte un certain nombre d'opérations que nous décrirons dans l'ordre où elles se succèdent.

Préparation des lessives. — Les lessives que la savonnerie marseillaise emploie pour la fabrication de ce savon sont toujours le produit de la lixiviation de la soude artificielle que l'on décarbonate par la chaux caustique. On les distingue en lessives douces et en lessives salées. La première, qui est exclusivement employée pour l'empâtage est fournie par la soude douce, qu'on doit choisir aussi riche et aussi pure que possible. Quant à la seconde, elle résulte de la lixiviation d'un mélange de soude douce et de soude salée. On l'emploie pour la cuite; parce qu'étant chargée d'une assez forte proportion de sel marin, elle détermine de plus en plus la séparation du savon des liqueurs alcalines qui ont produit leur effet.

1° *Lessive pour l'empâtage.* La soude qui produit cette lessive est ordinairement en masses plus ou moins agrégées d'un gris foncé, et sa richesse alcalimétrique moyenne varie de 36 à 38 degrés.

Avant de la soumettre à la lixiviation, on la réduit en poudre grossière sur une forte pierre dure appelée *picadou*. La matière est suffisamment divisée lorsque les morceaux ne dépassent pas la grosseur des grains de maïs. La pulvérisation étant poussée plus loin, la lixiviation deviendrait plus difficile et une partie de l'alcali échapperait ainsi à l'action dissolvante de l'eau.

Pour obtenir la lessive caustique on mélange cette soude concassée avec 25 pour 100 de chaux préalablement hydratée, c'est-à-dire réduite en poudre au moyen de l'eau. Il est essentiel d'employer de la chaux de bonne qualité, bien grasse et nouvellement cuite.

La lixiviation dudit mélange de soude et de chaux s'opère à l'eau froide dans de vastes et solides bassins en granit, nommés *barquieux*. La figure 3 représente par une coupe verticale la disposition de deux barquieux avec les réservoirs ou citernes souterraines qui en dépendent.

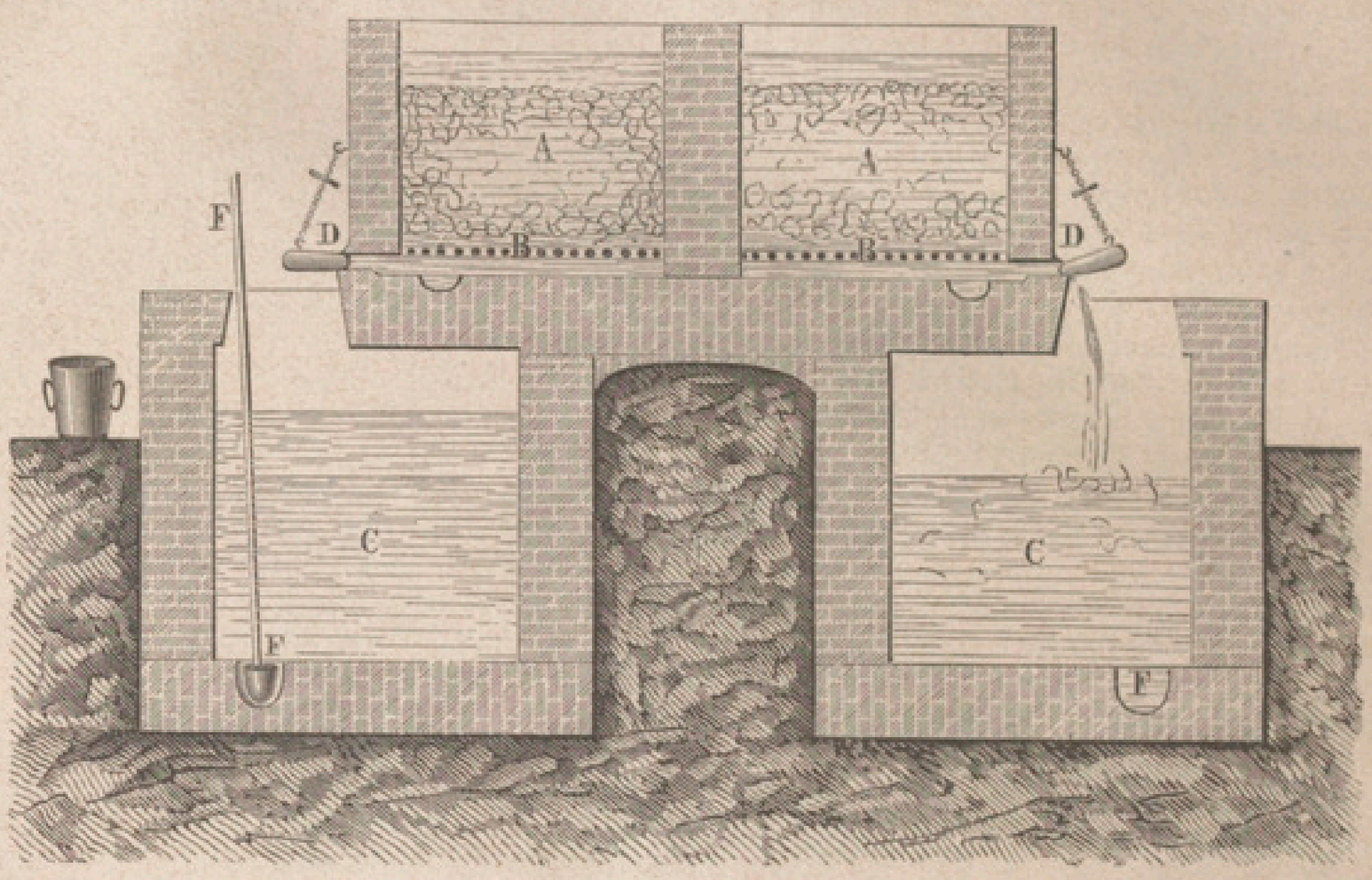


Fig. 3.

AA. Bassins ou barquieux;
BB. Doubles fonds formés de lames de fer croisees;
DD. Tuyaux d'écoulement des lessives;
CC. Citernes ou réservoirs destinés à recueillir la lessive des barquieux.

Les doubles fonds sont maintenus par des briques posées à plat à cinq ou six centimètres du fond des barquieux. On les recouvre, avant le chargement, de quelques plis de toile d'emballage ou d'une couche de paille afin que la matière ne puisse passer à travers les interstices que les lames de fer laissent entre elles.

Chaque barquieu reçoit une charge de 2,000 kilogrammes de soude et de 250 kilogrammes de chaux. Cette quantité de matière ne doit même les remplir qu'aux quatre cinquièmes. Disons que leur contenance est d'environ trois mètres cubes.

Quand le chargement est opéré, on recouvre le mélange d'une plaque de tôle perforée comme une écumoire, puis on procède à sa lixiviation. Lorsque l'eau s'élève à 8 ou 10 centimètres au-dessus de la matière, on laisse reposer. Au bout de 12 ou 15 heures on fait écouler la lessive en soulevant légèrement le tampon D qui ferme le tuyau placé entre les deux fonds. On remplit à nouveau le barquieu d'eau et après une immersion de 10 ou 12 heures on soutire la seconde lessive qu'on recueille dans un réservoir indépendant du premier. Enfin, nouvelle charge d'eau qu'on fait comme précédemment écouler, fournit une troisième lessive. Ces trois lessives, à des degrés différents constituent, par leur mélange, sous des rapports divers, la lessive d'empâtage. Celle-ci contient, en moyenne, pour un hectolitre d'une densité de 1070 ou 10° Beaumé:

Hydrate de soude ou soude caustique.	3k,100
Carbonate de soude.	0 ,900
Sulfure de sodium.	0 ,650
Sulfate et sels divers.	0 ,550
Chlorure de sodium.	0 ,800
Total.	6k,000

La même lessive, d'une densité de 1,260 ou 30° B., contient par hectolitre 32 kilogrammes de soude caustique ou carbonatée et de sels divers.

Comme après ces lixiviations successives, la soude n'est pas entièrement épuisée, on continue encore les lavages. On reconnaît que toutes les parties solubles ont été enlevées, quand les dernières liqueurs qui coulent des barquieux ne marquent plus que 1 ou 2 degrés.

2° *Lessive pour la coction.*— Ainsi qu'il a été dit précédemment, cette lessive s'obtient par la lixiviation d'un mélange de soude douce et de soude salée avec addition de chaux. Les proportions respectives des deux soudes varient suivant la nature des huiles qui servent à la fabrication du savon. Plus ces huiles sont riches en margarine, moins on fait entrer de soude salée dans le mélange. Cependant les fabricants marseillais composent, en général, leurs barquieux avec les doses suivantes:

Soude douce à 36° ou 38°. . . .	1600 kilog.
Soude salée.	400
Chaux nouvellement calcinée.	400
Total.	2400

Comme pour la lessive de soude douce, les soudes sont d'abord réduites en poudre grossière, puis mêlées avec la chaux préablement éteinte. C'est alors que le mélange est chargé dans les barquieux. Ceux-ci sont disposés par série de trois ou quatre, et chacun d'eux reçoit une charge de 1600 kilogrammes de soude douce, 400 de soude salée et 400 de chaux. Remarquons en outre que chaque série forme une *mène* qui fournit la lessive nécessaire aux différents services d'une cuite. On opère la lixiviation de la matière avec les recuits d'une cuite antérieure. En sortant des chaudières ces lessives sont reçues dans un réservoir commun établi dans les caves qui renferment les fourneaux. De là, une pompe les élève à mesure dans des bassins supérieurs où elles se refroidissent. C'est alors qu'on les fait couler sur les barquieux. Elles arrivent d'abord sur le plus ancien de la *mène;* en le traversant elles se clarifient et donnent le *recuit passé.* Celui-ci marque 22° B. environ. On le repasse sur le barquieu suivant, plus riche en soude caustique. Il en ressort plus limpide et plus fort; il marque alors 25 ou 26 degrés et constitue l'*arance.*

C'est ce recuit purifié et enrichi qui est employé pour commencer la lixiviation du barquieu nouvellement chargé de matières neuves. Il fournit d'abord de la lessive à 28 ou 30 degrés qui prend le nom de *bonne première*, et qui sert pour les derniers services de la cuite. La lessive qui vient après marque de 28 à 24 degrés, est employée pour les premiers service après le relargage. D'après une analyse, que nous croyons due à M. Laurent, l'habile et savant chimiste de la savonnerie Arnavon, la première lessive de cuite à 28° renferme par hectolitre:

Soude caustique.	4k,500
Carbonate de soude. . . .	2 ,600
Sulfure de sodium.	1 ,700
Sulfate de soude.	3 ,450
Hyposulfite.	4 ,890
Chlorure de sodium	10 ,000
Silicate et aluminate. . . .	0 ,200
Matières organiques. . . .	8 ,000
Total.	35k,340

On voit, par ce qui précède, que la lessive de cuite est obtenue par trois passages successifs des recuits sur des barquieux de plus en plus riches en soude caustique. Quand le barquieu qui reçoit d'abord les recuits commence à s'envisquer, on achève de l'épuiser par des lavages à l'eau, et alors on procède à une rotation nouvelle sur les autres barquieux pour leur faire rendre tour à tour le maximum du produit voulu.

Les chaudières dans lesquelles s'exécutent les diverses opérations qui ont pour objet de convertir les huiles en savon sont de plusieurs sortes; celles en maçonnerie

sont de tradition dans la savonnerie marseillaise, car malgré leur prix très-élevé et leur rapide détérioration, elles réalisent les deux conditions les plus essentielles au résultat final; premièrement, elles ont une influence très-marquée sur la blancheur du savon, qui, dans les chaudières en fer, se colore plus ou moins par l'oxyde que les lessives bouillantes enlèvent au métal. En second lieu, ces chaudières étant formées de matériaux mauvais conducteurs du calorique, conservent longtemps après leur chauffe une certaine élévation de température qui, dans la fabrication du savon blanc liquidé, est éminemment favorable à la séparation complète du *gros* en maintenant la pâte dans une fluidité suffisante pendant son épuration. Ce même avantage leur assure aussi une supériorité marquée sur les chaudières en métal pour la levée des cuites de marbrés, qui s'opèrent aussi sans feu. Ces diverses considérations ont déterminé les fabricants marseillais, malgré quelques inconvénients, à se servir exclusivement de ces chaudières. Leur forme se rapproche de celle d'un cylindre légèrement évasé par le haut; leur fond est en cuivre ou en fer battu de Suède. La figure 4 repré-

Fig. 4.

sente, par une coupe verticale, une de ces chaudières. Ajoutons qu'elles sont chauffées, soit par un foyer, soit par la vapeur. Nous nous dispenserons de parler du premier mode, qui est parfaitement connu des praticiens. Quant au second, il s'applique particulièrement aux chaudières de grandes dimensions, comme le sont, en général, celles de la savonnerie marseillaise, dont la capacité varie de 20 à 40 mètres cubes. Ce mode offre l'avantage particulier de pouvoir chauffer plusieurs chaudières à la fois avec le même foyer; il est dans ce cas fort économique. On a dans le principe beaucoup varié les moyens d'application, mais on n'a pas tardé à reconnaître que ni le chauffage à vapeur directe, ni le chauffage à vapeur confinée ne pouvait convenir aux savonneries. Le premier mode surtout était absolument impraticable, car la condensation de la vapeur dans la masse savonneuse l'invisquait rapidement en diminuant la densité de la lessive; le second, quoique moins défectueux, était loin d'être parfait. Les chaudières étant alors chauffées latéralement par la vapeur qui circulait dans une double enveloppe extérieure, l'évaporation y desséchait la pâte sans la mettre en contact avec la lessive, ce qui est toujours indispensable. Il faut, en effet, pour procéder très-efficacement que la lessive bouillante émane directement du fond de la chaudière; toute la masse savonneuse s'en trouve alors pénétrée et se sature uniformément et complétement d'alcali dans les diverses phases de la cuite. Ces difficultés, inhérentes à tout début, ont été heureusement surmontées. Aujourd'hui, le chauffage de ces chaudières se fait au moyen de serpentins plats dans lesquels circule de la vapeur à 3 ou 4 atmosphères. Nous ferons remarquer que ces serpentins sont en fer battu et que les tubes dont ils sont formés ont de 8 à 10 centimètres de diamètre. La figure 6 ci-après présente une application très-bien combinée de ce système.

SAVONS.

Ce qui distingue principalement ce mode des deux précédents, c'est que l'opération procède aussi rapidement qu'avec le chauffage à feu direct; aussi est-il aujourd'hui établi dans un nombre assez grand de savonneries, et il tend de plus en plus à se généraliser. C'est un résultat dont nous sommes heureux, car depuis trente ans nous n'avons cessé de recommander l'emploi de la vapeur en industrie, et surtout de la vapeur surchauffée qu'on peut substituer avec un avantage considérable à la vapeur simple dans la plupart de ses applications, et notamment pour la distillation et au chauffage des chaudières des savonneries.

Maintenant que le lecteur connaît les chaudières ainsi que les deux espèces de lessives employées pour le marbré de Marseille, nous exposerons les diverses phases de la fabrication de ce savon.

1° *Empâtage.* — Pour procéder d'après une base précise, nous supposerons une cuite de savon marbré bleu pâle, composée de :

Ressence de la Calabre.	3,000 kil.
Huile d'olive.	3,000
Huile de sésame.	4,000

formant ensemble 10,000 kilogrammes. Pour saponifier cette énorme quantité d'huiles, la capacité de la chaudière doit être de 40 mètres cubes environ. On y introduit d'abord 8,000 litres de lessive douce à 10° Beaumé. On la prépare par le mélange à parties à peu près égales des trois sortes de lessives forte, moyenne et faible qui resultent de la lixiviation du mélange de soude douce et de chaux hydratée dont il est parlé plus haut.

Cette lessive est d'abord chauffée jusqu'à + 50° ou + 60°. On verse alors dessus les 10,000 kilogrammes d'huile qu'on y incorpore par un brassage suffisamment prolongé à l'aide de redables. Quand l'ébullition se manifeste, il se forme une écume blanche très-abondante. Il faut modérer le chauffage, car le mouvement d'expansion qui se produit à ce moment dans la masse pourrait la faire déborder si on négligeait cette précaution. Après cette vive effervescence, les écumes s'affaissent, et la matière grasse émulsionnée forme une pâte d'un blanc roux. Par l'ébullition, elle acquiert plus de consistance; d'abord par la vaporisation de l'eau qui se sépare de la lessive, ensuite par une combinaison de plus en plus intime de la soude avec les acides gras. On y ajoute alors, mais par portions successives, 2 à 3,000 litres de lessive de même nature que la première, à 12°. Par l'addition de cette nouvelle lessive, la masse savonneuse, toujours maintenue en ébullition, prend une consistance de plus en plus épaisse en se saturant d'alcali. On y introduit alors 8 à 10 kilogrammes de sulfate de fer préalablement dissous dans 25 à 30 litres d'eau bouillante. Par l'addition de ce sel, la pâte, qui avait été jusqu'à ce moment d'un blanc roussâtre, acquiert instantanément une couleur verdâtre dont l'intensité est d'autant plus grande que les lessives d'empâtage sont plus sulfurées. On sait que l'union chimique de l'oxyde de fer avec les acides gras forme un savon noirâtre qui est le principe colorant de la marbrure. Disons enfin que quelques praticiens, pour obtenir une combinaison plus stable des acides gras avec les lessives, et pour mieux assurer ainsi le succès du relargage, terminent l'opération avec 1,000 à 1,200 litres de première lessive à 18° ou 20°. Cette pratique est excellente.

Nota. Il peut arriver, et il arrive en effet quelquefois qu'une faible partie de l'huile vient nager à la surface de la pâte. Quand cet effet se produit, on y remédie en versant dans la chaudière une certaine quantité de lessive faible ou même d'eau. Mais cet accident est rare lorsqu'on opère l'empâtage avec des lessives très-pures et très-caustiques, et que l'opération est conduite comme, c'est de règle à Marseille, par des praticiens exercés. Remarquons que, pour les quantités ci-dessus, l'empâtage dure 35 à 40 heures; il se fait plus rapidement quand les chaudières sont chauffées par la vapeur; mais ici, on le comprend, la question de temps est très-secondaire.

2° *Relargage.* Dans les savonneries marseillaises, on emploie pour cette opération les lessives provenant des mises ou du trempage des blocs de savons. Ces lessives, dites salées ou de recuits, agissent principalement par la forte proportion de sel marin qu'elles contiennent. Comme elles sont troubles et plus ou moins visqueuses, on les clarifie en les passant sur les barquieux qui ont fourni les premiers recuits pour la lessive de cuite. Elles marquent froides de 22 à 25 degrés; plus leur concentration est grande, plus leur effet est rapide et moins il en faut.

Le relargage s'effectue, comme on sait, en projetant peu à peu sur toute la superficie du savon des recuits qu'on fait pénétrer dans l'intérieur de la masse à l'aide d'un brassage continu. Ce brassage se fait par des ouvriers munis de redables et placés sur un madrier qui traverse la chaudière. L'opération est terminée quand la lessive se sépare abondamment de la pâte; celle-ci, qui pendant l'empâtage était restée homogène et liée, forme alors une agglomération de petits grumeaux entourés de lessive.

La quantité de recuits à employer pour obtenir cet effet est de 2,500 à 3,000 litres.

Les choses étant ainsi, on laisse reposer pendant huit heures au moins, afin que l'émulsion savonneuse puisse se séparer complétement de la liqueur alcaline. Celle-ci, par le repos de la masse, se réunit au fond de la chaudière, d'où on la fait écouler par l'*épine*. Il faut veiller à ce qu'elle en sorte claire et limpide, car dès qu'elle devient visqueuse et blanchâtre, la pâte saponifiée commence à passer. Notons que l'empâtage en fournit de 6 à 7,000 litres. Cette lessive marque froide 17° à 18° B.; il est essentiel que son degré ne descende pas au-dessous de 15°, parce qu'alors elle peut retenir du savon en dissolution.

Quoi qu'il en soit, la pâte, étant privée par cette opération de la plus grande partie des lessives faibles qu'elle renfermait, est dans les conditions voulues pour la *cuite* ou *coction* dont nous allons nous occuper.

3° *Cuite ou coction.*— La coction a pour objet de transformer le savon imparfait à excès d'acides gras qui résulte de l'empâtage des huiles, en un savon d'une composition stable, plus soluble et plus détersif.

Comme nous l'avons dit, on emploie pour la coction des lessives alcalino-salées que l'on obtient par la lixiviation d'un mélange de soude douce, de soude salée et de chaux hydratée. Pour une opération de l'importance de celle dont il est ici question, le nombre des services qui doivent amener le savon au point de saturation varie de six à huit.

Pour le premier on verse dans la chaudière 2,500 litres environ de lessive douce à 20 ou 22°. Ce service peut se donner à froid, car la chaleur de la masse est encore suffisante pour maintenir la pâte fluide. Celle-ci est mise en contact avec la lessive neuve par un brassage suffisamment prolongé, qui la grumelle.

Lorsque la lessive s'est séparée du savon, ce qui a toujours lieu après trois ou quatre heures de repos, on procède à son épinage.

Les fabricants marseillais donnent le premier service avec des lessives alcalino-salées; nous préférons n'employer pour ce service que des lessives douces, ou purement alcalines; car ces lessives en épurant la pâte de l'excès de sel marin qu'elle renferme, déterminent l'incorporation des portions d'huile qui, dans l'empâtage, auraient pu échapper à la combinaison.

A cette exception près, tous les autres services se font avec des lessives alcalino-salées. Pour le premier on verse dans la chaudière, préalablement épinée, 3,000 li-

tres de cette lessive à 25° ou 26°, puis on chauffe. Par l'ébullition, il se produit à la surface de la pâte une écume noirâtre très-abondante qui persiste pendant la plus grande partie de la cuite. Quand cette lessive a produit son effet, on cesse la chauffe, et, après un repos de quelques heures, on épine.

Pour les services ultérieurs on emploie d'abord de la lessive *bonne seconde* à 27 ou 28 degrés et on termine par la *bonne première* à 29 ou30 degrés.

A chaque service on en verse, comme précédemment, 2,500 à 3,000 litres dans la chaudière et on fait bouillir 12 ou 15 heures, en ayant soin de ramener la pâte des bords au centre de la chaudière, où l'ébullition fait affluer la lessive. Rappelons que chaque nouveau service est toujours précédé du soutirage ou épinage de la lessive usée du service précédent. Ajoutons aussi que la terminaison de la cuite se révèle par des caractères divers et précis. Arrivé à ce point, l'écume a disparu; la pâte, presque partout solidifiée, est sillonnée de larges et profondes fentes et la lessive qui s'élance par les trouées qu'elle fait dans la masse détermine des projections de savon dont il n'est pas facile de se garantir. A ces caractères on peut ajouter que le savon chaud, pressé entre les doigts, s'écaille instantanément et que la lessive sur laquelle il bout est encore fortement alcaline et caustique. L'odeur qui, à ce moment, s'exale de la chaudière est lixivielle et agréable. On peut alors enlever le feu afin de pouvoir procéder à l'opération de la madrure, après avoir extrait toute la lessive de cuite de la chaudière.

4° *Madrure.* — Le savon qui reste dans la chaudière après l'extraction de la lessive se présente sous l'apparence d'une masse d'un noir bleuâtre; il doit, comme nous l'avons dit, cette coloration au savon insoluble d'alumine et de fer qu'il contient. L'opération de la madrure a essentiellement pour objet de disséminer ce savon d'alumine et de fer dans le savon blanc à base de soude qu'il colore uniformement, de manière à y produire ces veines ou marbrures bleues qui caractérisent le savon marbré de Marseille.

Les lessives qu'on emploie pour cette opération doivent être d'une limpidité parfaite et privées, autant que possible, de soude caustique. Elles proviennent ordinairement des derniers lessivages à l'eau des barquieux qui ont fourni les recuits pour la lessive de cuite. Les plus fortes marquent de 16° à 18°, les moyennes de 8° à 12° et les faibles de 4° à 8°. On estime que la madrure du savon produit par les 10,000 kilogrammes d'huile exige de 5 à 6,000 litres de ces trois sortes de lessives; mais c'est surtout sur l'état de la pâte que les praticiens se guident.

On commence ordinairement avec de la lessive à 12° ou 15°. Des ouvriers versent peu à peu cette lessive sur le savon, tandis que d'autres, placés sur un madrier qui traverse la chaudière, la font pénétrer dans la masse avec leurs redables. Quand la pâte a été suffisamment abreuvée de cette première lessive on passe à la seconde qui, comme nous l'avons dit, marque de 8° à 10°. Mais, à partir de ce moment, les ouvriers plongent leurs redables jusqu'au fond de la chaudière et les ramènent verticalement jusqu'à la surface; on remarque qu'il se produit un changement lent et progressif dans l'état de la pâte. Jusque-là, elle était en grains durs et concrets, n'ayant entre eux qu'une faible adhérence; mais, sous l'influence de lessives successivement plus faibles, de l'agitation et de la température de la masse, ces grains s'hydratent de plus en plus et deviennent souples et visqueux. On termine l'opération avec des lessives à 5 ou 6° qu'on doit employer peu à peu et avec intelligence, afin de conserver le nerf de la pâte.

On reconnaît qu'on est arrivé au point convenable pour la levée de la cuite quand le savon à demi-liquidé et fondu nage dans la lessive en grosses molécules

d'un bleu noirâtre. L'important c'est d'amener la masse de la lessive qui reste au fond de la chaudière à ne plus marquer que 16 à 18 degrés à l'aréomètre Beaumé. C'est un point essentiel.

Ces différents caractères étant reconnus, on coule la cuite entière dans une mise en maçonnerie, dont la capacité correspond à celle de la chaudière dont elle doit recevoir le contenu. Ces espèces de bassins ont de 70 à 75 centimètres de profondeur; ils sont, en outre, munis d'une porte latérale qu'on lute exactement et par laquelle on en extrait le savon solidifié après sa division en blocs.

Quoi qu'il en soit, la pâte de savon mélangée de lessive que les ouvriers puisent dans la chaudière, arrive dans la mise au moyen d'un large canal en bois. Là, elle abandonne peu à peu la lessive qui y était interposée, tandis que le savon d'alumine et de fer se dissémine dans sa masse encore fluide pour former la marbrure.

En huit ou dix jours le savon a acquis une consistance assez ferme pour être divisé. On le coupe alors en pains de 100 à 110 kilogrammes. Ce travail s'effectue avec un long couteau fixé dans un manche horizontal qu'on fait mouvoir au moyen d'une corde. Dans plusieurs fabriques cette division se fait au moyen de gros fil de fer qu'on dispose convenablement sur le fond des mises avant de couler le savon.

Mais, quel que soit le moyen employé pour cette division, il est avantageux de laisser les blocs de savon dans la mise avec des recuits bien filtrés, marquant de 18° à 20°. Par cette immersion, qui se prolonge pendant trois semaines ou un mois, le savon devient plus dense, plus ferme et plus beau; son poids aussi augmente de 1 1/2 à 2 pour 100, non par l'effet d'une plus grande hydratation, mais par les sels alcalins qu'il s'assimile. Ce n'est ordinairement qu'après vente qu'on découpe ces blocs en pains: ceux-ci sont placés dans des caisses dites de Marseille. Chaque caisse en contient 40 pains pesant de 108 à 110 kilogrammes.

Remarquons qu'au moment de l'encaissage, le savon marbré n'a pas ce cadre blanc qu'on désigne sous le nom de robe. Cet effet d'oxydation ne se produit que lorsqu'il a séjourné pendant quelques semaines dans les caisses. Cette décoloration exige beaucoup plus de temps pour le marbré bleu vif.

Quant aux rognures qui proviennent des différentes coupes du savon, elles sont à chaque fois introduites dans une nouvelle cuite de marbré; c'est au dernier service qu'on les ajoute dans la chaudière.

Nous rappellerons ici que les savonneries de Marseille fabriquent deux variétés de savons marbrés: le bleu pâle, et le bleu vif. Leur mode de fabrication est identique et les mêmes matières les fournissent. Seulement, pour le dernier, on ajoute à la pâte, vers la fin de la madrure, quatre à cinq millièmes de protoxyde de fer ou colcotar pour lui communiquer la coloration nécessaire à la production d'une marbrure bleu vif.

Les savons marbrés, dans la composition desquels il n'entre aucune autre matière grasse que les huiles végétales, sont les mélanges en proportions diverses de margarate et oléate de soude. Ceux qui résultent de la saponification des mêmes huiles avec les graisses animales contiennent, en outre, du stéarate de soude. Les premiers étant plus solubles, leur action est plus lubrifiante.

Mais, ce qui assigne à ces savons leur véritable valeur, c'est la proportion constante d'acides gras qu'ils renferment. Sous ce rapport ils offrent moins de variations que les autres espèces de savons; car leur marbrure résulte, comme nous l'avons vu plus haut, d'une demi-liquidation; il s'en suit que si, dans le but d'obtenir un rendement plus fort, on hydrate plus complétement la masse, le savon noir alumino-ferrugineux qui est le

principe colorant qui forme la marbrure, se sépare par son propre poids du savon blanc, et se précipite dans les lessives qui occupent le fond de la chaudière.

Alors, au lieu d'avoir du savon marbré, on a du savon blanc ou à peu près. On voit par cela qu'il existe une relation forcée entre la marbrure et la quantité d'eau que le savon contient. Thénard, qui a fait de ce savon l'objet d'études fort sérieuses, lui assigne la composition suivante:

Acide gras.	64
Soude.	6
Eau.	30
Total. . . .	100

Cette analyse, qui remonte à plus d'un demi-siècle, est exacte pour le savon marbré d'huile d'olive, mais elle cesse de l'être pour le même savon fabriqué avec des mélanges d'huiles d'olive, de sésame, d'arachide et de coton; car ces huiles ayant pour l'alcali une faculté d'absorption ou de saturation plus grande que la première permettent d'obtenir des rendements plus considérables sans avoir besoin de recourir à aucune pratique frauduleuse.

Ces deux savons se composent sur 100 parties:

1° *Bleu pâle.*

Acides gras.	54,5
Soude.	6,3
Sulfate chlorure et sels divers.	2,0
Glycérine et autres matières insaponifiables.	2,0
Matières fixes insolubles. . . .	0,2
Eau.	35,0
Total.	100,0

2° *Bleu vif.*

Acides gras.	54,6
Soude.	6,6
Sulfate chlorure et sels divers. .	2,5
Glycérine et autres matières insaponifiables.	2,0
Matières fixes et insolubles. . .	0,3
Eau.	34,0
Total.	100,0

Le marbré bleu vif est toujours un peu moins hydraté, aussi présente-t-il une légère augmentation sur le poids des acides gras, de la soude et des sels solubles.

Ces analyses, nous l'avons reconnu, concordent avec les résultats de la production manufacturière. Il est, en effet, bien prouvé que depuis que les fabricants marseillais font entrer dans leurs mélanges pour les marbrés, les nouvelles huiles mentionnées plus haut, le rendement régulier et normal des cuites est de 180 à 184 pour 100 parties en poids d'huile. Faisons remarquer que le premier rendement s'applique plus particulièrement au bleu pâle et le second au bleu vif. Nous indiquerons, pour terminer, quelques-uns des mélanges les plus employés pour la composition des savons marbrés de première qualité.

Savon marbré bleu pâle, coupe ferme pour l'été:

Ressence de Calabre. . . .	3,000 kil.
Huile de Sésame.	4,000
Huile d'olive.	3,000
Total. . . .	10,000 kil.

Ces proportions sont celles que nous avons supposées pour la cuite ci-dessus. Elles constituent un savon très-mousseux, très-ferme et d'une odeur franche. Les 10,000 kilogrammes d'huiles en produisent de 18,000 à 18.400 kilogrammes

Autre composition pour la même qualité:

Ressence de Calabre. . . .	3,000 kil.
Huile d'olive.	1,700
Huile de sésame	1,700
Saindoux.	3,600
Total. . . .	10,000 kil.

Le savon, qui résulte de ce mélange, est aussi de première qualité. Il est très-consistant et son extrême blancheur fait ressortir davantage la beauté de sa marbrure. Son odeur est agréable, quoique moins franche peut-être que celle du savon précédent qui est entièrement composé d'huiles.

Mais outre ces mélanges qui donnent les deux espèces de savon marbré de première qualité, il en est d'autres d'un prix moins élevé pour les mêmes savons de seconde qualité; car, outre les huiles dont il vient d'être question et qui sont communes aux deux espèces, on fait entrer dans la composition de ces derniers d'importantes quantités d'huiles de coton, de lin, de ravizon, de suif, d'axonge, mélanges dont on varie les proportions à l'infini suivant le prix et la saison.

FABRICATION DU SAVON BLANC DE MARSEILLE. — Ce savon est incontestablement le plus estimé et le plus pur du commerce. Pendant longtemps, l'huile d'olive était employée seule à sa fabrication; mais, depuis une quinzaine d'années, il ne s'en fait plus, parce qu'il est trop cher. Les compositions qui, aujourd'hui, donnent les premières qualités de ce savon sont des mélanges d'huile d'olive et d'huile d'arachide. Ces huiles doivent d'ailleurs être blanches ou du moins exemptes d'une trop grande coloration; de plus, elles doivent être nettes et limpides, car, lorsqu'elles sont troubles, le savon qu'on en obtient est toujours moins beau.

La préparation de la lessive qui sert à la confection de ce savon exige aussi des précautions particulières. On y emploie exclusivement la soude douce artificielle, qu'on doit choisir au titre alcalimétrique le plus élevé et contenant le moins de sulfure possible, car on obtient alors des lessives plus riches, plus pures et plus incolores.

Pour en obtenir de la lessive, la soude est d'abord pulvérisée, puis mêlée avec 20 pour 100 de chaux, qu'on hydrate préalablement par des aspersions d'eau froide, jusqu'à ce qu'elle forme une poudre humide. C'est en cet état qu'on l'ajoute à la soude.

La lixiviation du mélange se fait à l'eau, dans des barquieux, comme il est dit page 15. On obtient trois sortes de lessives à des degrés différents, qu'on recueille à part. La première sorte, qui sert pour la cuite, marque 26 degrés environ; la seconde de 12° à 15°, et la troisième de 7° à 8°. C'est par le mélange à parties à peu près égales de la seconde et de la troisième que l'on prépare la lessive pour l'empâtage.

Pour le reste, ce savon s'obtient par la série d'opérations que nous avons décrites en détail pour le savon marbré, mais avec la madrure en moins et la liquidation en plus. Il y a aussi à remarquer que l'on supprime entièrement le sulfate de fer, qui, dans ce cas, serait très-nuisible par la coloration qu'il communiquerait à la pâte.

Ces diverses réserves faites, nous résumerons à grands traits les principales phases de la fabrication de ce savon. Et, comme précédemment, pour avoir une base, nous admettrons une petite cuite composée de 3,000 kilogrammes d'huile d'olive et 1,000 d'huile d'arachide. Pour opérer la saponification de ces 4,000 kilogrammes d'huiles, la chaudière doit être d'une contenance de 120 à 130 hectolitres. On y introduit d'abord 3,000 à 3,200 litres de lessive à 9° B., puis on chauffe à 50 ou 60° avant d'y faire arriver les huiles, dont on détermine l'incorporation en brassant la masse à l'aide de redables. Quand l'émulsion est bien formée, on soumet le mé-

SAVONS.

lange à une ébullition modérée, afin d'obtenir une combinaison plus stable et plus complète des acides gras avec la soude, et on reconnaît qu'il en est ainsi lorsqu'on n'aperçoit ni huile ni lessive à la surface de la matière.

On commence alors à verser dans la chaudière de la lessive à 12°, par portions de 80 à 100 litres toutes les demi-heures, et on continue ainsi jusqu'à ce que la pâte forme une masse épaisse bien liée et bien homogène. L'empâtage des 4,000 kilogrammes d'huiles exige de 25 à 30 heures d'ébullition continue; quand il est terminé, on enlève le feu et on procède au relargage.

Celui-ci doit s'effectuer avec des recuits de savon blanc à 24 ou 25° B. Il en faut de 800 à 1,000 litres pour obtenir une séparation complète de l'empâtage. La quantité en est suffisante quand la pâte se grumelle et que la lessive s'en sépare claire et limpide. Ajoutons qu'à défaut de recuits on peut employer de la lessive forte contenant quelques kilogrammes de sel marin par hectolitre.

De même que pour le marbré, la cuite de ce savon se fait en plusieurs services. Pour le premier, on verse dans la chaudière de 1,800 à 2,000 litres de lessive douce à 20°, et on chauffe modérément. Quand l'ébullition commence, on retire le feu et on brasse la masse pendant au moins 1 heure. Rendu plus pur par ce premier lavage, le savon est plus apte à se combiner avec les lessives concentrées qui doivent l'amener au point de cuite.

A cet effet, après l'extraction de la liqueur usée, on introduit dans la chaudière une nouvelle charge de 2,400 à 2,500 litres de lessive à 25° ou 26°, et on fait bouillir 12 ou 15 heures. Au bout de ce temps, le savon a acquis une certaine consistance, mais il est encore gras: on achève sa saturation par un nouveau service de 2,000 litres de première lessive forte à 27° ou 28°, qu'on renouvelle, s'il y a lieu, jusqu'à ce que les signes qui annoncent la fin de la cuite soient bien évidents. Ces signes sont les mêmes que pour le savon marbré ; mais le plus décisif est la causticité de la lessive après une ébullition de 12 ou 15 heures avec le savon. Outre la causticité, il est encore essentiel que cette lessive ait une densité de 1,250 à 1,260, 28 ou 29 degrés Beaumé, car alors le savon est moins sujet à s'envisquer pendant l'opération toujours délicate de la liquidation.

On pourrait croire, et on a cru effectivement jusqu'en ces derniers temps, que cette opération n'avait d'autre objet que de déterminer au moyen de lessives faibles la séparation du savon d'alumine et de fer qui colore la masse du savon blanc. Il y a assurément du vrai dans cette interprétation, car c'est bien sous l'action des lessives faibles qu'on produit l'effet précité. Mais la cause n'est pas en ce que la pâte de savon est plus hydratée, plus fluide, plus diluée. Elle est uniquement dans l'existence simultanée de deux savons distincts à base de soude dans la masse de savon coloré qui résulte de la saponification de l'huile de l'olive pure ou mélangée. Ces savons, quoique formés par un mélange de margarate et d'oléate de soude, ne sont pas chimiquement identiques; ils n'ont ni la même densité, ni la même consistance, ni la même solubilité. Par suite, lorsque la masse du savon à liquider est arrivée à un certain degré de dilution, une espèce de départ a lieu : l'un des savons qui la composent, et c'est précisément le plus soluble, se dissout alors dans la lessive, et comme il est aussi le plus dense, il entraine avec lui le savon d'alumine et de fer, le sulfure de fer, l'excès de soude caustique, pour former ce qu'on appelle le gras du savon. L'autre savon, qui est insoluble dans la lessive, qui peut dissoudre le premier, s'en sépare et forme la masse du savon blanc épuré, qui est, comme on sait, beaucoup plus considérable que celle du savon qui passe dans la lessive à l'état de gras. Voilà ce qu'une étude récente des divers produits de la liquidation a révélé et qui explique ce qui se produit pendant cette délicate et complexe opération, dont nous allons aborder immédiatement la pratique.

Pour convertir en savon blanc la masse de savon qui reste dans la chaudière après l'extraction de la dernière lessive de cuite, on procède comme il suit:

On commence par verser dans la chaudière, après en avoir fermé l'épine, de 800 à 1,000 litres de lessive neuve à 4° ou 5° au plus à l'aréomètre. Cela fait, on porte le mélange à l'ébullition, qui doit être très-modérée, ce qui est essentiel pour que l'action puisse s'effectuer d'une manière progressive et uniforme. Rien ne serait, en effet, plus contraire à ce résultat qu'une ébullition violente ou même trop active. On doit aussi avoir la précaution de ramener sans cesse la pâte de savon durcie des bords au centre de la chaudière pour la mettre en contact plus direct avec la liqueur alcaline. On fait usage pour cela d'une large pelle droite en fer munie d'un long manche.

Après une légère ébullition de quelques heures dans cette lessive faible de soude, on s'aperçoit du changement qui s'est produit dans le savon. Celui-ci, qui formait d'abord une masse cohérente, se présente alors en grains à moitié fondus qui nagent dans la lessive. Arrivé à ce point, on continue la liquidation avec de l'eau pure. Cette partie ultime de l'opération requiert les plus grands soins, car le savon doit être tenu en suspension dans la liqueur alcaline jusqu'au moment où la liquidation touche à son terme. Il est pour cela nécessaire que les additions d'eau soient faites par portions successives et peu considérables ; il est également important d'entretenir la masse dans une légère ébullition. Au reste, à mesure qu'on approche du terme, l'aspect de la pâte se modifie ; elle devient plus liée et plus homogène ; la lessive que l'ébullition y amène commence à devenir visqueuse et noire. Ces indices révèlent que le but est atteint. Quoique ces caractères soient suffisants pour des praticiens experts, nous dirons que la lessive qui se trouve à ce moment mélangée au gras du savon a une densité de 1,070 environ ou 10° Beaumé. Ajoutons que la quantité de lessive faible et d'eau, qu'il a fallu employer pour faire descendre la masse de cette lessive à 10° est d'environ 4,000 litres représentant, ou à peu près, un poids équivalent à celui des huiles saponifiées. En résumé, la liquidation du savon produit par 100 kil. d'huile exige 25 livres de lessive à 4 ou 5° et environ 75 litres d'eau pure.

Quoi qu'il en soit, quand la pâte est devenue fluide, et que les parties du fond ramenées à la surface ont acquis par l'ébullition une teinte noire et de la viscosité, l'opération est terminée, car la couleur noirâtre est produite par la précipitation du savon alumino-ferrugineux, et la viscosité par la complète liquidation de toutes les parties de la masse. Ce résultat obtenu, on retire le feu du fourneau, et, suivant la saison, après un repos en chaudière de 40 à 60 heures, on coule le savon dans les mises. On enlève en premier lieu l'écume assez abondante qui s'est formée à la surface et qu'on introduit ordinairement dans une nouvelle cuite. Quant au savon liquidé, on le puise avec des cuillers en fer désignées sous le nom de *pouadous*, dont on remplit des cornues en bois ; celles-ci sont portées à mesure dans les mises ; le savon y est versé sur une légère couche de chaux, sous une épaisseur de 0m,10 à 0m,12. On extrait ainsi tout le savon blanc épuré et l'on veille avec la plus scrupuleuse attention à n'y introduire aucune partie de gras, ce qui, nécessairement, le rendrait moins pur. Ce dernier est recueilli à part pour être introduit ultérieurement dans une cuite de savon marbré.

En ce qui concerne le savon blanc épuré des mises, il se solidifie, suivant la température, en trois ou quatre jours. Pendant qu'il possède encore une certaine flexi-

SAVONS.

bilité, on en bat fortement la surface avec des pilons en bois, afin d'en augmenter la densité.

Après cette opération, le savon est divisé dans les mises en parallélippèdes du poids de 20 à 22 kil. Quelque temps après, le savon enlevé des mises et exposé deux ou trois jours dans des séchoirs à air libre, y prend plus de consistance, car il est d'abord un peu mou. Ce n'est cependant qu'après avoir passé quelques semaines dans des caves qu'il acquiert la solidité et la blancheur que le commerce exige.

Tel qu'il est produit par la savonnerie marseillaise, ce savon constitue le type le plus pur des savons du commerce; c'est ce qui explique l'emploi exclusif qu'on en fait pour le décreusage et la cuite de la soie. La teinture en emploie aussi des quantités considérables, surtout pour l'avivage du rouge des Indes ou d'Andrinople.

Quant à la question si importante du rendement, nous dirons qu'il est toujours subordonné à la qualité des huiles et aux soins de la fabrication. En admettant que l'on opère sur les meilleures huiles, les 4,000 kilog. qui ont servi de point de départ à notre opération produisent en moyenne :

Écume.	300
Savon liquidé.	5,600
Gras supposé sec.	1,200
Total.	7,100 kil.

Ces chiffres, qui sont généralement fournis par la grande production manufacturière, ne donnent comme maximum, pour 100 kil. d'huiles, que 140 kil. de savon liquidé ; il n'y a même pas longtemps que le rendement était encore au-dessous. Il y a cependant à remarquer que, dans ce cas, le gras et les écumes représentent à peu près un poids équivalent en savon marbré, dont il faut également tenir compte dans le prix de revient du premier. Relativement à ces produits inférieurs, ils sont, comme nous l'avons déjà dit, introduits dans la fabrication des marbrés au dernier service de la cuite. Nous verrons dans une autre partie de ce travail que le savon blanc façon Marseille peut être obtenu dans des conditions économiques plus favorables peut-être, en procédant à la saponification des huiles avec des lessives de sel de soude très-pures. Il nous faut pour terminer dire quelques mots de la composition de ce savon, car cette question a aussi son importance.

Il existe de ce savon une ancienne analyse de Thénard, que nous ne reproduirons pas, car il est bien reconnu qu'elle ne peut s'appliquer au véritable savon blanc liquidé de Marseille. Celui-ci, en effet, ne renferme, de même que le marbré, que 30 à 34 pour 0/0 d'eau, tandis que l'illustre savant précité en avait trouvé 45 pour 0/0. Il convient d'affirmer ce fait pour rétablir les droits de la vérité si longtemps méconnus. Émanant d'une fabrication loyale, comme c'est de règle à Marseille, ce savon contient :

Acides gras.	59	»
Soude.	6	80
Sels divers.	1	»
Eau.	33	20
Total.	100	»

Telle est la composition constante du savon blanc liquidé provenant d'une production régulière.

FABRICATION DES SAVONS DURS DANS LES FABRIQUES DE L'INTÉRIEUR. Dans les considérations historiques qui précèdent la partie technologique de ce travail, nous avons vu qu'il existe deux grandes sources de production des savons : l'une à Marseille, à laquelle nous venons de consacrer de longs développements ; l'autre à l'intérieur, dont il nous reste à parler.

Il ne sera pas sans utilité de faire remarquer ici que la situation de ces nouvelles fabriques est généralement prospère : car s'inspirant des principes d'une probité élevée, et procédant d'ailleurs, sauf d'indispensables modifications, d'après la méthode marseillaise, elles offrent à la consommation des produits qui, dans l'ensemble, révèlent une fabrication consciencieuse et excellente.

Mais ces fabriques ont pris depuis un certain nombre d'années une telle extension, leur production est devenue si sérieuse et si générale, qu'il nous est impossible de nous étendre sur les nombreuses espèces de savons qu'elles élaborent. Nous donnerons cependant une idée générale et précise des principales, tout en regrettant que le cadre dans lequel nous sommes obligé de nous renfermer ne nous permette pas d'être plus explicite et plus complet.

Ces fabriques, sauf quelques exceptions pour les savons marbrés, opèrent avec des lessives de sels de soude qu'elles préparent, soit par la lixiviation à froid dans des barquieux comme pour les lessives de soude artificielle, soit par voie de dissolution à chaud dans des chaudières chauffées par la vapeur ou simplement par un foyer. Quant aux chaudières, elles diffèrent presque partout de celles de Marseille, car elles sont construites en forte tôle ; elles en diffèrent aussi par la forme fortement inclinée de leurs parois qui les font ressembler à un cône tronqué. La figure 5 montre une de ces chaudières avec son fourneau.

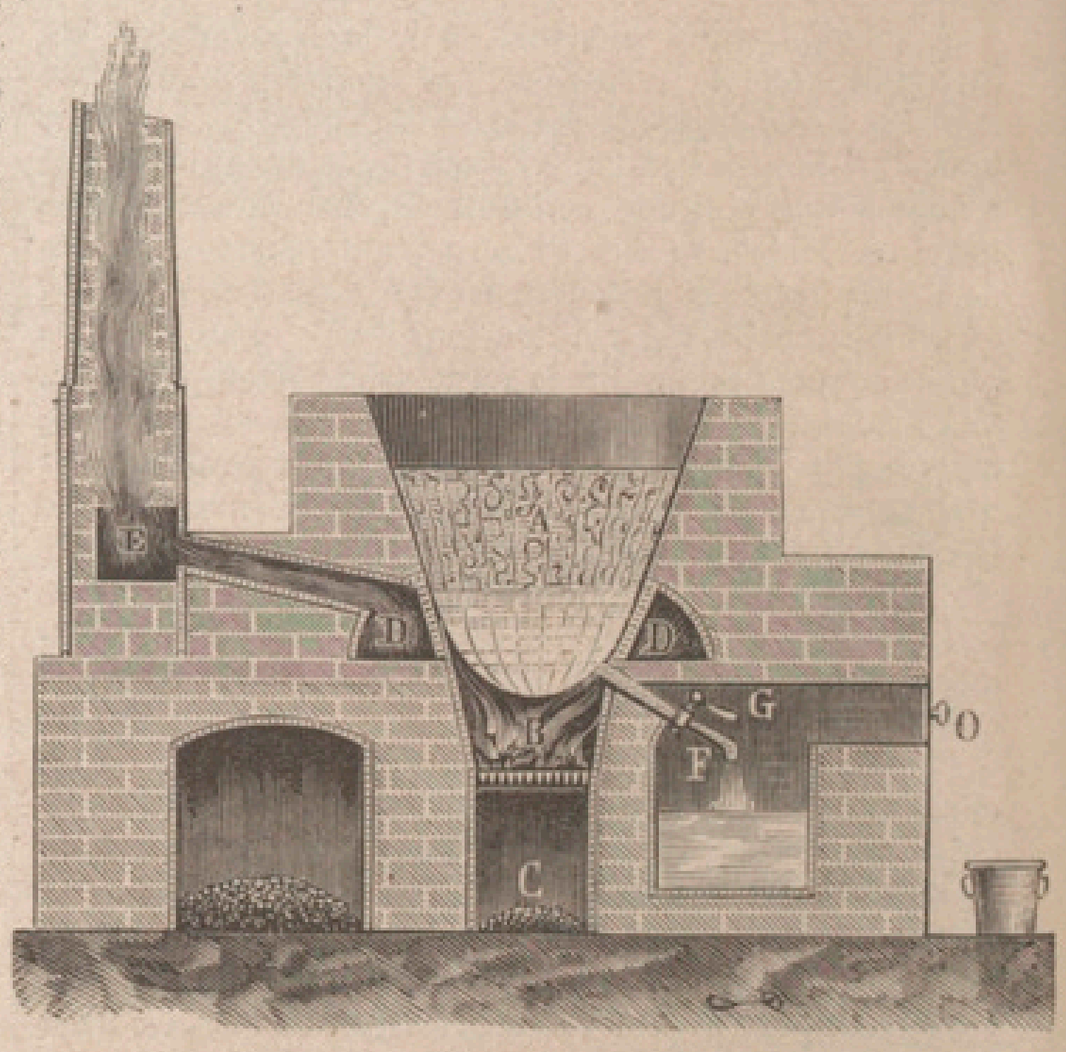


Fig. 5.

Cette disposition se compose de :

A. Chaudière en tôle où s'exécute la saponification.
B. Foyer à grille.
C. Cendrier.
D. Carneau circulaire où passent les produits de la combustion avant de se perdre dans la cheminée. Cette partie de la chaudière est préservée de l'action directe de la flamme par un mur en briques réfractaires liées à l'argile. On augmente ainsi la surface de chauffe, ce qui permet, sans inconvénient pour la cuite, de mieux utiliser la chaleur du foyer.
E. Cheminée.
F. Ecoulement des lessives.
G. Robinet servant à ouvrir et fermer le tuyau F.
H. Citerne commune aux lessives d'épinage.
I. Porte du foyer.

Comme on le voit, ces chaudières à foyer à grille peuvent être chauffées au bois ou à la houille ; mais les fabricants ont à peu près adopté exclusivement le dernier de ces combustibles ; car outre que son pouvoir calorifique est de beaucoup plus considérable que celui du bois, il produit aussi un chauffage plus égal et plus constant.

En ce qui concerne le chauffage par la vapeur, sans revenir sur ce que nous avons dit à cet égard, page 16, nous rappellerons qu'il réalise sur le précédent deux avantages qui doivent être mis en évidence : le premier, c'est qu'il obvie complétement aux inconvénients très-divers qui résultent du chauffage direct, et dont le moindre est d'exposer le fond des chaudières à un feu très-intense qui les détériore rapidement : le second, c'est qu'un seul producteur de vapeur peut chauffer à la fois plusieurs chaudières, ce qui diminue d'autant les dépenses d'entretien des fourneaux, et celle plus importante de combustible. Ce système qui, comme on le voit, réunit les divers avantages du chauffage direct sans en avoir les inconvénients, est de plus en plus employé dans les savonneries de quelque importance ; il est appliqué surtout dans celles de création récente où le désir d'innover et de perfectionner préoccupe tant d'esprits inventifs et sérieux. Au reste, pour faire mieux apprécier l'ordination de ce système, nous avons représenté par notre figure 6 deux chaudières chauffées par des serpentins de vapeur. Cette disposition très-régulière et très-étudiée donne, nous avons pu nous en convaincre, toutes les garanties que la pratique est en droit d'exiger.

SAVONS.

LL. Retours de vapeur.
MM. Tuyaux pour la vidange des lessives.
NN. Robinets servant à ouvrir et fermer les tuyaux MM.
OO. Réservoirs pour les lessives qu'on extrait des chaudières.

Maintenant que nous connaissons les chaudières dont font usage les fabriques de l'intérieur, nous nous occuperons de la préparation des lessives qu'elles emploient pour la fabrication de leurs savons.

PRÉPARATION DE LA LESSIVE DE SEL DE SOUDE. Cette lessive s'obtient ordinairement avec les sels de soude les plus purs et les plus riches, qu'on transforme en soude caustique au moyen de la chaux.

L'opération s'effectue ordinairement dans une chaudière en fonte chauffée par un foyer, ainsi que l'indique la figure 7.

Pour procéder d'après une donnée connue, nous admettrons un traitement de 1,000 kilog. de sel de soude à 80 ou 82° alcalimétriques que l'on caustifie par 340 kilog. de chaux. Pour cette quantité, il faut employer une chaudière d'une contenance de 55 à 60 hectolitres, dans laquelle on introduit 3,400 litres d'eau bien limpide.

Lorsque cette eau est en pleine ébullition, on y jette à la pelle le sel de soude par petites portions de 5 à 6 kil., tandis qu'un ouvrier armé d'un fort redable en fer brasse continuellement la liqueur. Par ce brassage on empêche le sel de s'attacher au fond de la chaudière et d'y former des incrustations cohérentes qu'on ne

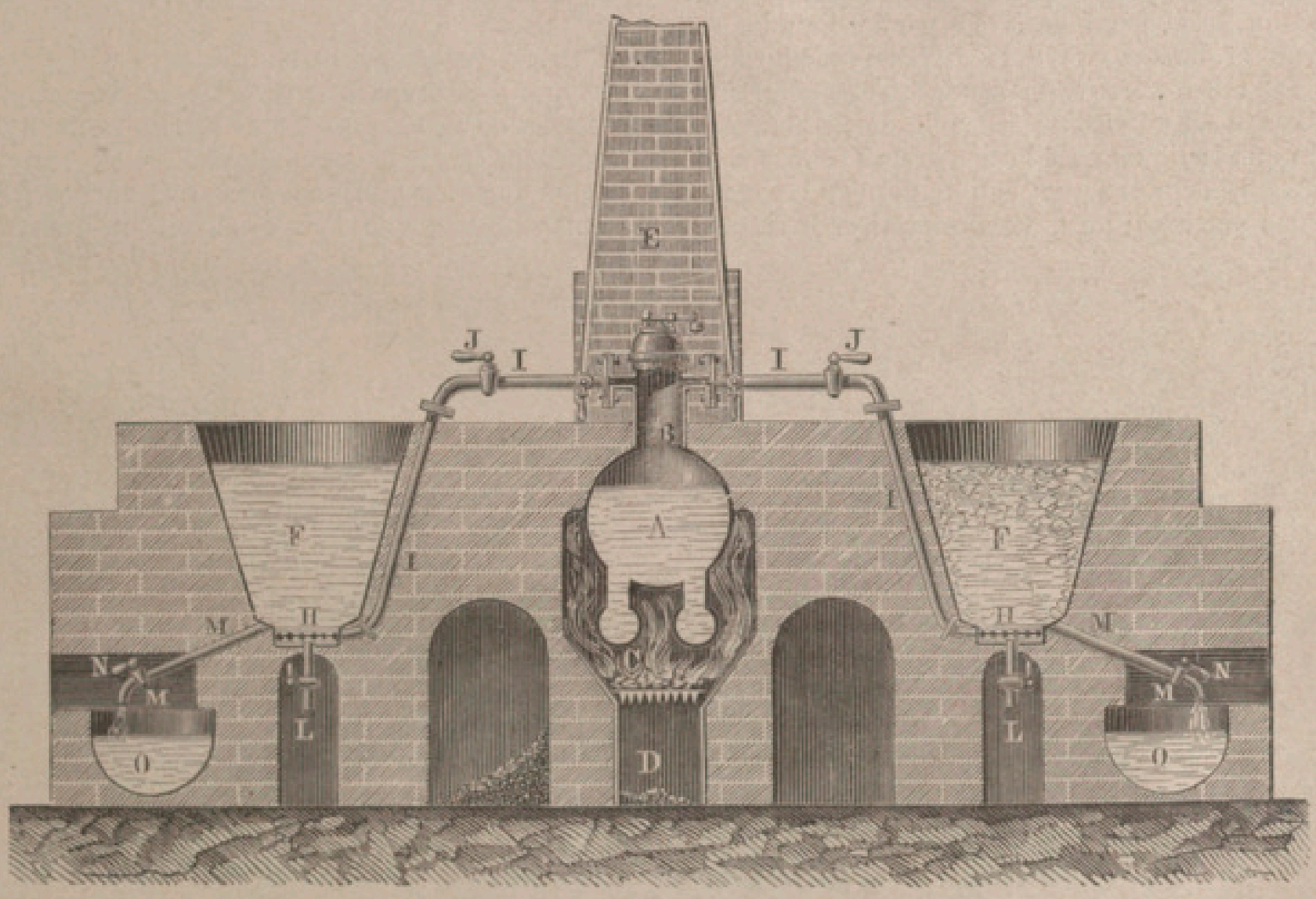


Fig. 6.

En voici, très en résumé, la légende explicative :
A. Chaudière à vapeur à deux bouilleurs.
B. Réservoir de vapeur surmonté d'une soupape.
C. Foyer à grille.
D. Cendrier.
E. Cheminée.
FF. Chaudières en fer où s'opère la saponification des matières grasses.
HH. Serpentins pour le chauffage des chaudières.
II. Tubes conduisant la vapeur dans les serpentins HH.
JJ. Prises de vapeur.

pourrait plus dissoudre qu'après les avoir extraites de la liqueur bouillante et les avoir finement pulvérisées.

Quand tout le sel est ainsi dissous, on prend dans la chaudière 5 à 600 litres de solution que l'on met en réserve pour la fin de l'opération, comme nous le dirons plus bas. L'on ajoute alors dans la liqueur bouillante qui reste dans la chaudière, les 340 kil. de chaux qu'on y introduit peu à peu dans un espace d'environ deux heures, car on doit attendre, avant d'ajouter une nouvelle portion de chaux, que la précédente soit dissoute. Il y aurait danger à vouloir précipiter l'opération, parce

qu'il viendrait un moment que le bouillonnement serait si fort qu'il serait presque impossible de l'arrêter.

Pendant tout le temps qu'on ajoute la chaux, on n'entretient qu'un petit feu sous la chaudière afin de n'avoir qu'une légère ébullition. Si malgré cette précaution l'ébullition devenait trop vive, il faudrait la modérer par de petites additions d'eau froide afin de prévenir l'expansion du liquide par dessus les bords de la chaudière. A cet effet on doit toujours avoir à proximité de la chaudière un cuvier plein d'eau froide. On pourrait aussi retirer tout le feu du fourneau sans inconvénient, car la température de la liqueur est alors assez élevée pour déliter rapidement et complétement la chaux et assurer ainsi la bonne confection de la lessive. C'est alors le moment de reverser dans la chaudière les ⅔ à 600 litres de solution de soude qu'on en avait retiré avant de mettre la chaux. Cette mesure de précaution n'a d'ailleurs d'autre but que de faire un vide suffisant dans la chaudière pendant qu'on y ajoute la chaux.

Quoi qu'il en soit, après avoir enlevé tout le feu du fourneau, si on ne l'avait déjà fait, on brasse encore pendant une bonne heure, et on laisse reposer. Peu à peu la chaux se sépare et se précipite : au bout de quinze heures on décante la liqueur claire qui constitue la première lessive forte à 28 ou 30° à l'aréomètre.

Le marc de chaux étant soumis à des lavages successifs donne des lessives d'une densité décroissante.

Pour chacun de ces lavages on emploie 1,000 litres d'eau claire et on brasse pendant quelques heures; on ne cesse de brasser que lorsque la chaux est mise complétement en suspension dans la partie liquide, car c'est seulement dans cet état de division qu'elle abandonne à l'eau les parties de soude qu'elle renferme. Chaque lavage est suivi d'un repos de douze heures au moins afin que la liqueur ait le temps de s'éclaircir. On continue ainsi jusqu'à ce que l'eau du dernier lavage ne marque plus que zéro; on peut alors retirer le marc de la chaudière et procéder, s'il y a lieu, à une nouvelle opération. Le nombre de ces lavages n'est pas moindre de six. Voici d'ailleurs les résultats en lessive que chacun d'eux produit.

Résumé des quantités de lessives obtenues de 1,000 *kilogrammes de sel de soude calciné au titre alcalimétrique de* 80° D.

Nos.	Eau employée.	Lessive obtenue.	Densité.	Beaumé.
1°	3400	1763	1260	30°
2°	1000	1243	1160	20°
3°	1000	1366	1100	13°
4°	1000	1340	1060	8°
5°	1000	1082	1035	5°
6°	1000	1000	1006	1°
Totaux.	8400 kil.	7694 kil.		

En comparant le poids de la lessive avec celui de l'eau employée, on voit qu'il reste 706 kilogrammes d'eau dans le marc de chaux.

Récapitulation des lessives obtenues de 1,000 *kilogrammes de sel de soude.*

1re lessive.....	1763	à 30° B.	52,890
2e lessive.....	1243	à 20° B.	24,860
3e lessive.....	1366	à 13° B.	17,758
4e lessive.....	1240	à 8° B.	9,984
5e lessive.....	1082	à 5° B.	5,410
6e lessive.....	1000	à 1° B.	1,000
Totaux en kilog. et degrés.	7694		111,902

Passons maintenant aux principales espèces de savons que l'on prépare avec cette lessive. Mais avant d'aborder ce sujet nous dirons quelques mots des vaisseaux dans lesquels on conserve les lessives.

Dans quelques fabriques on se sert encore de citernes en maçonnerie, que l'on construit ordinairement en sous-sol. Mais aujourd'hui, presque partout, ces constructions, si coûteuses et si peu sûres, sont remplacées, avec un avantage réel, par de forts bassins en tôle, dont les différentes parties sont solidement rivées. Ces

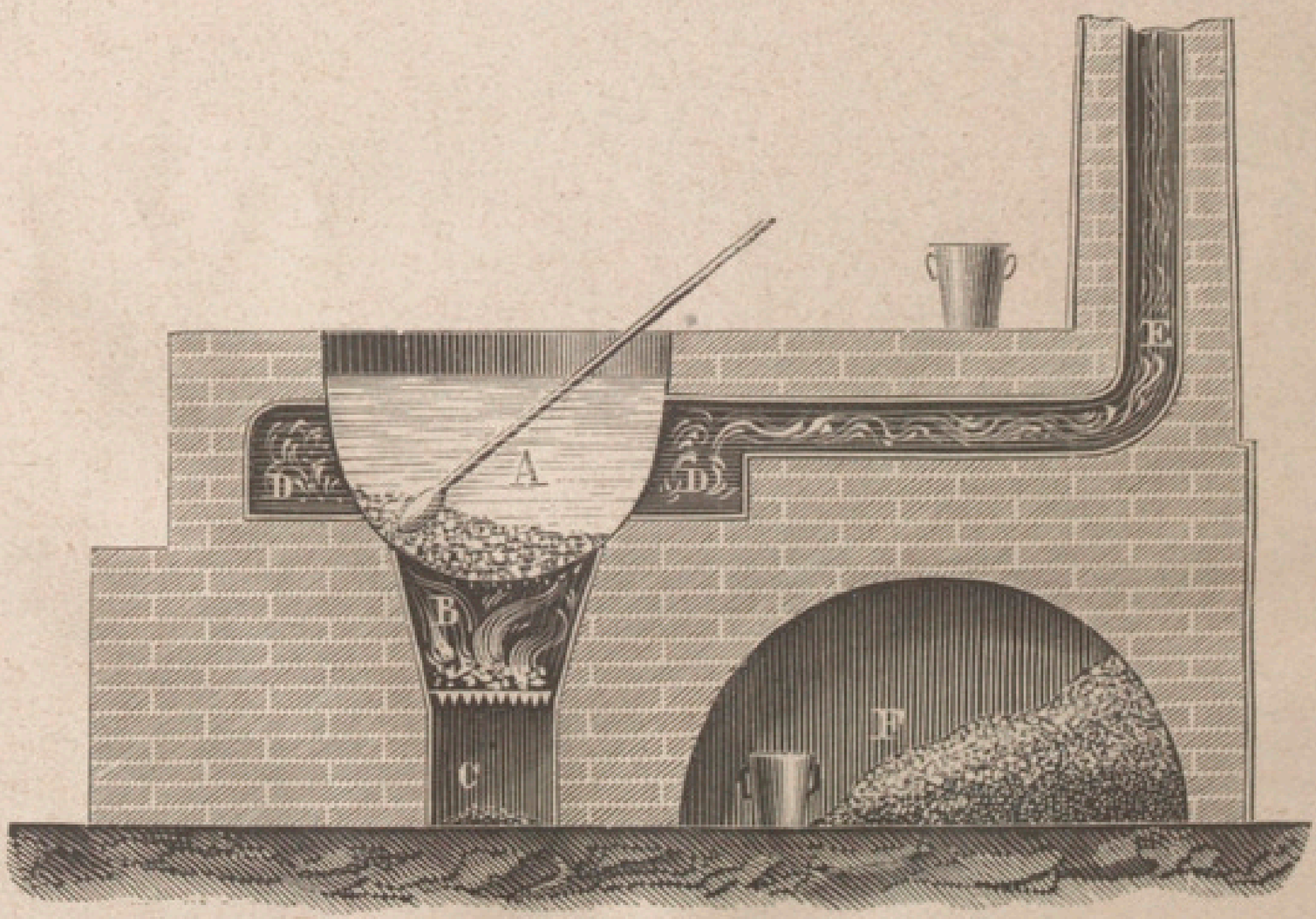


Fig. 7.

SAVONS.

bassins, dont la capacité varie de 10 à 50 hectolitres et même plus, sont plantés sur chantier au-dessus du sol de l'atelier, et autant que possible à proximité de la chaudière où l'on prépare la lessive, que l'on y fait arriver au moyen d'un canal.

Quant aux mises dont se servent ces fabriques pour couler les différentes sortes de savons confectionnés, elles sont presque toutes en bois, excepté celles pour le savon marbré obtenu sur lessive, qui, comme à Marseille, sont en maçonnerie. L'usage de ces mises mobiles est devenu général, depuis surtout une vingtaine d'années. On les fait en chêne ou en sapin du Nord, et on les double à l'intérieur avec des feuilles de tôle très-minces, afin que le savon qu'on y verse ne se trouve pas en contact direct avec le bois. Ce doublage leur assure en outre une plus longue conservation ; nous avons eu de ces mises qui nous ont servi huit ou dix ans sans exiger aucune réparation.

Nous ferons remarquer, en terminant, que ces mises s'ouvrent en quatre parties, que l'on assemble à l'aide d'écrous en fer que l'on fixe à leurs extrémités.

Cette disposition permet de retirer avec facilité le savon coulé dans ces mises lorsqu'il s'y est solidifié ; pour cela, il ne faut qu'enlever les quatre côtés de la mise.

SAVON DE SUIF. — Ce savon, outre son odeur spéciale, est un des moins détersifs, ce qui s'explique par la forte proportion de stéarate et de margarate de soude qu'il renferme. Cependant, comme il s'en fait encore en France, nous résumerons l'une des méthodes les plus usitées pour l'obtenir.

Les suifs qui servent à le fabriquer sont de qualité et de provenance très-diverses. Cependant, le suif en branche, fondu par la vapeur comme il est indiqué pages 8 et 9, donne un savon d'une qualité incontestablement supérieure à tous les autres suifs du commerce. Nous avons pu toutefois enlever en grande partie l'odeur particulière qui caractérise ces derniers, en les traitant à la température de l'ébullition avec le tiers ou la moitié de leur poids d'eau acidulée par 1 ou 2 centièmes d'acide azotique. Même par de simples lavages à l'eau bouillante faiblement chlorurée, nous avons obtenu d'assez bons résultats.

Il ne faut pas, au reste, croire que le suif soit une matière de peu d'importance pour la savonnerie. Seul, il est vrai, il ne donne qu'un savon peu recherché : mais combiné avec des huiles ou avec des graisses qui en atténuent la trop grande consistance, il forme la base des principales espèces de savons solides, y compris principalement ceux de toilette. Il est, en somme, pour les savons procédant des graisses animales, ce que les huiles d'olives et de ressence sont pour les produits de la savonnerie marseillaise. Il donne, en effet, à ces matières le degré de consistance qui leur manque pour former des savons solides.

Cela dit, nous exposerons brièvement une des méthodes les plus usitées pour la fabrication de ce savon.

Pour saponifier, par exemple, 1,000 kilogrammes de suif fondu, on verse dans une chaudière d'environ 35 hectolitres, 700 litres de lessive à 9° ou 10° B., que l'on chauffe rapidement. Quand la liqueur commence à bouillir, on y introduit les 1,000 kilogrammes de suif, que l'on divise préalablement à l'aide de fortes pelles en fer. Après quelques heures d'ébullition, on commence à employer de la lessive à 15°, qu'on ajoute peu à peu, jusqu'à concurrence de 400 litres dans la chaudière en continuant toujours l'ébullition Enfin, on termine avec 200 litres de même lessive à 20°. Cette première phase de l'opération, qui constitue l'empâtage, dure de 8 à 10 heures. Lorsqu'elle est à son terme, on enlève le feu et l'on opère le relargage de la pâte.

Celui-ci s'effectue, comme d'ordinaire, avec des recuits provenant de cuites antérieures. Cette lessive est projetée peu à peu sur la pâte, qu'un ouvrier brasse avec son redable. Par cette opération, le savon se transforme graduellement en grumeaux, qui viennent se rassembler à la surface de la chaudière, tandis que la liqueur qui s'en sépare se réunit au fond. Remarquons qu'ici encore, on peut, à défaut de recuits, employer la lessive forte contenant en dissolution quelques kilogrammes de sel marin par hectolitre. Quoi qu'il en soit, on fait écouler la lessive après quelques heures. Pour ne pas multiplier les services de lessive, on opère ordinairement la cuite de ce savon en une seule opération. A cet effet, on verse dans la chaudière 800 litres de lessive à 20°, et on fait bouillir à feu doux 5 à 6 heures ; on commence alors à se servir de lessive à 40°, dont on verse à diverses reprises 300 litres sur la pâte. Et tout en continuant l'ébullition, on amène la lessive de la chaudière de 16° à 18°. Au reste, plus l'ébullition est prolongée et à la fois modérée, plus le savon se sature complétement d'alcali ; cette ébullition a aussi pour résultat de dégager plus parfaitement l'odeur générique inhérente au suif.

Les caractères de la cuite sont d'ailleurs les mêmes que ceux que nous avons fait connaître pour les savons de Marseille. Lorsqu'ils paraissent assez évidents, on enlève le feu, et après 6 ou 8 heures de repos en chaudière couverte, on transvase le savon dans les mises où on le brasse quelque temps pendant qu'il est chaud et fluide pour obtenir une pâte homogène dans toutes ses parties.

Le savon ainsi obtenu est blanc, bien lié et d'une consistance suffisamment ferme pour les savonnages à la main. Les 1,000 kilogrammes de suif, en les supposant de bonne qualité, doivent en produire 1,700 à 1,720 kilogrammes.

Avant d'abandonner ce sujet, nous dirons quelques mots des savons de suif allemands.

Nous n'entrerons pas ici dans le détail de leur procédé de fabrication. Nous dirons seulement que les fabricants opèrent en général la saponification du suif avec une fois et demi environ son poids de lessive de natrum d'une densité de 1,200 ou 25° Beaumé. Ils emploient d'abord les deux tiers de cette lessive et, après quelques heures d'ébullition, ils ajoutent peu à peu le tiers restant. Pour des quantités de 5 à 600 kilogrammes de suif, l'opération dure 5 à 6 heures. Vers la fin, la pâte présente l'apparence d'une gelée épaisse, qu'on verse dans les mises lorsqu'elle est assez concentrée pour prendre une consistance ferme par le refroidissement. Disons aussi qu'en substituant le suif en branches au suif fondu, ce même procédé donne une espèce de savon à marbrure, et celle-ci résulte des parties adipeuses que la lessive n'a pas complétement dissoutes. On obtient ainsi des savons d'assez belle apparence au rendement de 180 à 190 pour 100 de suif. Mais hâtons-nous de déclarer que ces savons sont inférieurs à ceux préparés sur lessive, et c'est à juste titre qu'on préfère ces derniers.

Savon de suif végétal. — Ce suif, dont nous avons parlé page 7, offre un nouvel exemple des divers et utiles produits que les pays intertropicaux peuvent fournir aux arts industriels. Depuis déjà, en effet, quelques années, on en extrait des acides gras remarquables par leur blancheur et l'élévation de leur point de fusion. Il sert aussi, paraît-il, en Angleterre, à préparer un excellent savon encore peu connu en France.

Pour élucider la question, nous avons directement saponifié 100 kilogrammes de ce suif avec 200 kilogrammes de lessive de sel de soude à 18° B. La moitié de cette lessive a été d'abord introduite dans la chaudière en même temps que la matière grasse. Après une demi-heure d'ébullition, pendant laquelle on n'a cessé de remuer le mélange, nous avons commencé à verser les

SAVONS.

100 kil. restant de lessive. Bientôt la séparation s'est produite, et, après 10 heures de douce ébullition, nous avons terminé l'opération. A ce moment, l'odeur de la vapeur était très-agréable et le savon s'écaillait, ce qui prouve qu'il était arrivé au point de coction convenable. Après 6 heures de repos en chaudière couverte, nous avons tiré le savon sur lessive et l'avons versé dans une petite mise où il s'est solidifié en quelques jours. Les 100 kilogrammes de suif en ont fourni 204 kilogrammes.

Cette matière grasse, comme on voit, se rapproche beaucoup de l'huile de coco ; car, de même que cette dernière, elle retient une forte proportion de lessive. Mais elle a sur l'huile de coco deux avantages importants en savonnerie : 1° elle se sépare plus facilement de la lessive; 2° elle fournit un savon dont l'odeur n'est pas sans quelque analogie avec les produits de l'huile d'olive.

Nous insistons particulièrement sur ces deux propriétés du suif végétal, et si de nouvelles expériences viennent confirmer la nôtre, ce suif pourrait probablement prendre place parmi les matières grasses destinées à la production des savons solides.

Savon d'huile de coton. — Cette huile, comme nous l'avons vu page 5, se saponifie avec facilité et entre pour une forte proportion dans la fabrication des savons marbrés de seconde qualité. Seule, elle forme un savon presque dur et peu coloré lorsqu'on opère sur de l'huile épurée et blanchie. Son produit ne paraît pas atteindre le rendement élevé des huiles d'arachide et de sésame. Autant que nous avons pu en juger, il ne dépasse pas 160 à 165 pour 100 d'huile. C'est sur cette base qu'il conviendrait, croyons-nous, de se fixer pour apprécier son rapport en savon dans les mélanges où elle intervient.

Savon d'acide oléique. — Il n'y a peut-être pas, en notre siècle, de découverte qui émane plus directement de la science que celle de l'industrie stéarique, dont l'acide oléique n'est qu'un produit secondaire, quoique considérable.

Au début de cette grande industrie, cet acide n'avait que des emplois insignifiants; aussi est-il resté pendant longtemps sans valeur réelle. M. de Milly dont le nom est, à juste titre, resté cher aux arts, paraît avoir eu le premier l'intuition des services immenses que cette huile pourrait rendre un jour à la savonnerie et il eut le mérite de réaliser en partie ses prévisions.

Ce manufacturier distingué, désirant détruire les préventions qui faisaient rejeter cette matière des savonneries, annexa une savonnerie à son usine de bougies stéariques de la barrière de l'Étoile et transforma en savon tout l'acide oléique provenant de sa fabrication.

Aujourd'hui la haute importance de cet acide pour les savonneries n'a plus besoin d'être démontrée, car elles en transforment annuellement 18 à 20 millions de kilogrammes en savon.

Il existe parmi les chimistes, au sujet de la fabrication de ce savon, une opinion erronée que nous avons déjà combattue dans notre première édition du *Manuel du savonnier*. S'appuyant sur la nature acide de cette huile, ils assurent qu'elle peut produire un savon parfait avec une simple solution de carbonate de soude. D'autres, surenchérissant sur cette donnée, ont conseillé de préparer ce savon en combinant directement des cristaux de soude à l'acide oléique chauffé à + 50° environ. Dans les deux cas on forme un composé auquel, à la rigueur, on pourrait donner le nom de savon; mais ce que nous pouvons affirmer, c'est qu'il n'est pas un seul fabricant sérieux qui ait adopté ces moyens empiriques. Qu'on le sache, il n'y a que l'emploi de bonnes lessives caustiques de sel de soude qui peuvent donner au savon de cette provenance la beauté, la fermeté et l'homogénéité de composition qui en ont fait un des meilleurs savons connus. Il a même cet avantage qu'il ne contient pas plus de 25 % d'eau lorsqu'il résulte d'une fabrication loyale.

Aujourd'hui, à toutes les fabriques d'acides gras pour l'éclairage se trouve annexée une savonnerie pour la transformation de l'acide oléique en savon. Ces savonneries opèrent d'après la méthode marseillaise et il en est plusieurs qui ont des chaudières d'une capacité telle, qu'une de ces chaudières peut façonner 40 et même 50,000 kilogrammes de savon par opération; c'est plus colossal encore que ce qui se fait à Marseille. Chacune de ces immenses chaudières est chauffée par un serpentin plat qui en occupe le fond et dans lequel circule de la vapeur sous une pression de 3 ou 4 atmosphères.

La saponification de cet acide s'effectue en plusieurs services et toujours à la température de l'ébullition. Les premiers se donnent avec un mélange à parties égales, ou à peu près, de recuit et de lessive neuve, mélange dont le degré moyen ne descend pas au dessous de 20° B. Pour les services ultérieurs on emploie habituellement de la lessive neuve à 28° ou 30°, parce que cette lessive étant à la fois incolore et riche en soude caustique permet d'obtenir un savon d'une nuance plus claire et plus complétement saturé d'alcali. Au dernier service, on continue l'ébullition jusqu'à ce que la pâte présente les caractères distinctifs d'une parfaite coction et que la lessive de la chaudière marque 28° environ. On retire alors le feu et, après avoir épiné, on soumet à une demi-liquidation la masse de savon qui reste dans la chaudière.

A cet effet, on projette peu à peu à la surface du savon des lessives de recuits des premiers services bien épurés et bien limpides dont on abaisse le degré à 8 ou 10 avec de l'eau. L'opération s'effectue en maintenant la masse savonneuse à une douce ébullition et on termine quand la lessive de la chaudière ne marque plus que 16° à 17° B.

Ce résultat obtenu, on arrête la vapeur, et après 40 ou 50 heures de repos, en chaudière couverte, on coule le savon dans des mises en bois où on le brasse pendant son refroidissement.

Ce mode de fabrication donne un excellent savon, mais il exige beaucoup de temps, car il faut après chaque service, laisser reposer la chaudière avant d'en extraire la lessive qui a produit son effet. Il devient onéreux par la multiplicité des opérations, lorsqu'on cesse d'opérer sur des masses considérables comme c'est le cas pour la plupart des fabriques qui ne sont pas des annexes des stéarineries.

Déjà, nous nous étions préoccupé de cette situation, et dans l'ouvrage sus-indiqué, nous avions signalé à l'attention des praticiens un procédé pour fabriquer ce savon en une seule opération. Des fabricants distingués, pour lesquels ce procédé simplifié avait un intérêt tout particulier, nous ont affirmé en avoir obtenu d'avantageux résultats. Mais des expériences récentes nous ont permis de faire un dosage plus exact et plus précis de la lessive en même temps que de supprimer l'opération de la liquidation.

Pour faire une application de ce procédé, nous supposerons qu'on veuille saponifier 1.000 kilogrammes d'acide oléique de saponification calcaire. Pour cette quantité on emploie 1,200 kilogrammes de lessive de sel de soude à 25° B. On introduit en premier lieu la moitié de cette lessive dans une chaudière de 30 hectolitres environ et on la porte à l'ébullition. On fait alors arriver dans la chaudière l'acide oléique qui se combine presque instantanément avec la lessive en formant avec elle une masse pâteuse très-épaisse. On fait alors bouillir très-modérément pendant quelque

SAVONS.

temps et lorsque la masse devient fluide on y ajoute par portion, mais dans un temps assez rapproché, ce qui reste des 1,200 kilogrammes de lessive. A partir de ce moment on peut soumettre le mélange à une ébullition plus active; et si l'on remarque que la séparation n'est pas bien nette, on peut la provoquer par une addition de recuits d'une opération précédente et à défaut de recuits on peut employer une quantité équivalente d'eau de sel à 18°. Mais cette addition est rarement utile surtout quand la chaudière est à parois fortement inclinées. Après 12 ou 15 heures d'ébullition continue on termine l'opération; la lessive de la chaudière doit alors marquer 21° B. bouillante, et si ce degré n'était pas atteint, on ferait encore bouillir quelque temps. Enfin, après avoir retiré le feu, on laisse reposer 18 ou 20 heures en chaudière couverte. On coule le savon dans les mises où on le brasse comme d'ordinaire.

Le savon ainsi obtenu est de fort belle apparence, la pâte en est douce, lisse et bien fondue. Les 1,000 kilogrammes d'acide oléique en fournissent de 1,600 à 1650 kilogrammes.

Quant à la quantité de lessive qui reste en chaudière elle est d'environ 500 kilogrammes. Cette lessive est fortement colorée en brun et marque comme nous l'avons dit 21° B.

Nous terminerons ce que nous avions à dire sur cette importante fabrication en faisant remarquer que le savon d'acide oléique qu'on trouve dans le commerce, est en briques de 3 ou 4 kilogrammes ou en morceaux d'environ 500 grammes. Ce dernier poids, si adapté aux besoins journaliers, a prévalu, et l'usage de ce savon est devenu général dans toutes les parties de la France. Pour obtenir ces morceaux, on divise d'abord le les blocs de savon en briques, et celles-ci sont à leur tour divisées en fragments du poids de 480 à 500 grammes, que l'on expose pendant quelques heures dans une étuve chauffée à + 30 ou + 35° C. Dès qu'il s'est formé à leur surface une mince couche de savon durci, ces morceaux reçoivent dans des moules creux en cuivre, s'ouvrant en deux ou en quatre parties, ces formes diverses et gracieuses dont les savons des fabriques de l'*Étoile* et des *Deux Mondes*, offrent les types les plus ingénieux et les plus connus. Après une exposition de quelques semaines à l'air, le savon à l'acide oléique contient :

Acide gras.	66
Soude.	13
Eau.	21
Total.	100

Il renferme alors plus de savon réel que les meilleurs savons de Marseille, et c'est cette richesse qui a assuré à ce savon une prééminence parmi les meilleurs produits de la savonnerie, lorsqu'il résulte d'une fabrication loyale.

Savon d'huile de sésame. — Cette huile donne avec la soude un savon très-détersif, agréable d'odeur, mais coloré et n'ayant guère que la consistance du savon mou à base de potasse. Aussi quoique extrêmement précieuse pour la savonnerie, cette huile n'est utilisée qu'après son mélange avec les huiles d'olive et de ressence pour la fabrication des meilleures et des plus belles qualités de savons marbrés. Marseille en emploie annuellement des millions de kilogrammes.

Savon de palme résineux. — Cet excellent savon se fait en une seule opération suivie d'une liquidation plus ou moins complète, car il est toujours levé sur gras. Lorsqu'il est préparé avec de belles matières il est réellement beau et bon. L'odeur en est agréable et rappelle celle de l'huile de palme qui, comme son nom l'indique, est un de ses composants. Sa couleur est d'un jaune orange vif ou aventurine clair. Il est presque neutre, très-soluble, très-détersif, très-mousseux surtout, même à l'eau de mer, ce qui explique l'emploi considérable qu'en font les marines anglaises et américaines. Enfin, sa consistance est égale, sinon supérieure, à celle du bon savon d'acide oléique, mais en vieillissant il devient très-ferme et presque translucide.

Pendant notre séjour en Allemagne, nous avons préparé de grandes quantités de ce savon dont on distingue plusieurs qualités. Mais la première et la plus estimée s'obtient avec la meilleure qualité d'huile de palme naturelle, le suif de bœuf fondu et les colophanes les plus claires. Les proportions ci-après nous fournissaient un magnifique produit:

Huile de palme naturelle. . . .	400
Suif en pains.	350
Résine ou colophane claire. .	250
Total. . . .	1000 kilog.

Pour opérer la saponification de ces matières, on introduit 600 kilogrammes de lessive à 15° dans une chaudière de 55 hectolitres environ, et après avoir allumé le feu on ajoute l'huile de palme et le suif. On fait alors bouillir le mélange qu'on remue continuellement et au bout de quelques heures on y ajoute successivement 400 kilogrammes de lessive à 20° : enfin après une nouvelle ébullition de même durée, on termine la coction avec 600 kilogrammes de même lessive de sel de soude à 25° B.

Comme règle, nous dirons qu'en opérant dans les conditions ci-dessus, la coction exige de sept à huit heures d'ébullition continue. Vers la fin, le savon se présente en grains d'un jaune brun qui s'écaillent quand on les presse entre les doigts.

C'est alors qu'on y introduit la résine préalablement pulvérisée, et qu'on fait pénétrer dans la masse au moyen d'un redable. Quand elle est entièrement dissoute, on ranime le feu et on ajoute peu à peu de la lessive à 10 ou 12° B. pour obtenir un commencement de liquidation de la masse.

La proportion à employer varie de 3 à 400 kilog. On reconnait que le point utile est atteint quand la pâte est devenue fluide. On doit faire remarquer que cette opération dure une heure et demie ou deux heures et que pendant tout le temps la masse est soumise à une très-légère ébullition, afin que les parties du fond qui sont toujours les plus liquidées, soient successivement amenées à la surface.

Lorsqu'on juge que l'opération est terminée on retire le feu. A partir de ce moment un ouvrier, muni d'une longue palette en bois, brasse légèrement la superficie de la pâte pour en retarder la solidification et faciliter la précipitation du gras.

Ce brassage, d'ailleurs, doit être intermittent et de quelques minutes seulement à chaque fois. Nous ferons remarquer qu'il est essentiel de ne pas remuer profondément la masse, car si l'on allait trop loin, on pourrait atteindre le gras et le mélanger au savon épuré. Quoi qu'il en soit, après 15 ou 18 heures de repos, en chaudière, la pâte paraît parfaitement lisse et homogène ; on l'extrait alors avec précaution et on la porte à mesure dans une mise en bois préparée à l'avance où on la coule sous une épaisseur de 30 centimètres environ. Le gras est ensuite retiré de la chaudière et coulé séparément. L'usage des fabriques est d'introduire ce gras dans un savon résineux de qualité ordinaire. C'est le meilleur emploi à lui donner. Son poids, supposé sec, représente le tiers environ du savon épuré. Ce dernier reste, suivant la saison, trois ou quatre jours en mise. Ce temps écoulé, il est assez ferme pour être divisé.

Préparé dans les conditions précitées, ce savon constitue un des meilleurs et des plus beaux savons jaunes connus. Les quantités de matières grasses précédem-

SAVONS.

ment indiquées en fournissent, terme moyen, 1,600 kilogrammes.

Pour ce qui concerne les savons résineux ordinaires ou communs, on emploie pour leur fabrication des matières de qualité plus inférieure et on n'y introduit qu'un dixième environ d'huile de palme. Ces savons se préparent habituellement en une seule opération, sans relargage ni liquidation, et on y ajoute de fortes proportions d'huile de résine, qu'on obtient aujourd'hui très en grand, dans des établissements spéciaux, par la distillation des résines à la vapeur d'eau surchauffée. Ayant à parler ailleurs des savons unicolores, nous reviendrons sur ces produits inférieurs.

Savon blanc d'huile d'olive préparé avec la lessive de sel de soude. — Ce savon est très-usité en Belgique, en Allemagne et dans l'Autriche-Hongrie. En ayant fabriqué des quantités considérables, nous résumerons brièvement la méthode que nous avons adoptée et dont nous affirmons ici l'exactitude.

Remarquons d'abord, que cette fabrication comporte l'emploi de bonnes huiles d'olive, bien limpides et que, parmi ces huiles, les fabricants belges et allemands préfèrent généralement celles de Gallipoli ou de la Calabre, comme étant les plus blanches et les plus corsées; ils les préfèrent aussi par ce qu'elles produisent un savon meilleur, plus ferme, d'une odeur plus franche et d'un rendement supérieur à celui que l'on pourrait obtenir avec des huiles d'une qualité inférieure. Ce savon jouit d'ailleurs d'une grande réputation, car étant pur et neutre, il est très-recherché pour le blanchiment des soies écrues et l'avivage du rouge d'Andrinople. Nous avons déjà cité dans un travail antérieur les beaux produits en ce genre de l'usine de Ch. Lammerath de Bruxelles, l'un des plus érudits et des plus savants manufacturiers belges.

Les lessives qui servent à préparer ce savon sont obtenues par les sels de soude et on opère comme il est dit page 23. Il est donc inutile d'insister à cet égard.

Fabrication. Pour saponifier, par exemple, 1,200 kilogrammes d'huile d'olive, on emploie les quantités de lessive ci-après :

Lessive à	10° B	1200
»	à 12°	1200
»	à 15°	600
»	à 20°	600
»	à 28°	1400
Total.		5000 kilog.

On chauffe d'abord, la première lessive à 10° B. dans une chaudière de 40 hectolitres environ; quand l'ébullition commence, on y introduit l'huile qui s'émulsionne aussitôt. On fait alors bouillir le mélange et on y ajoute par intervalles, la seconde lessive à 12°, puis quand cette lessive a été consommée on passe après quelques heures à la lessive à 15°, puis à celle à 20° et enfin, on termine par la lessive forte à 28° qu'on introduit aussi successivement dans le mélange. Dès que la masse savonneuse se grumelle, on cesse de brasser : car la lessive qui occupe alors le fond de la chaudière s'oppose à ce que le savon puisse y adhérer. La durée de la coction est d'environ soixante heures : mais comme il faut que la pâte soit bien grainée, on attend, s'il y a lieu, que la lessive de la chaudière marque bouillante 28° B. Ce degré de concentration étant obtenu, on retire le feu et après au moins quatre heures de repos, on fait écouler la lessive, dont on obtient de 800 à 850 kilogrammes.

La liquidation de ce savon se fait comme pour le blanc de Marseille : on introduit en premier lieu dans la chaudière 400 kilogrammes de lessive à 3°. Lorsque le mélange est amené au degré de l'ébullition, on continue avec de l'eau pure qu'on verse par petites portions en ayant soin de ramener, à l'aide d'une large pelle droite en fer, la pâte durcie des bords au centre afin de la mettre en contact avec la partie aqueuse. La quantité d'eau à employer varie de 900 à 1,000 kilogrammes. On termine quand la pâte paraît bien fondue et liée, quoique encore séparée de la lessive. Cette opération demande 12 ou 15 heures d'ébullition modérée.

Enfin, après 50 ou 60 heures de repos en chaudière couverte, on verse la pâte de savon fluide, sur des mises dallées en granit, sous une épaisseur de 11 à 12 centimètres. On brasse légèrement cette pâte pendant son refroidissement afin de l'obtenir parfaitement homogène. Pour le reste, on procède comme il est dit page 20, pour le savon blanc de Marseille.

En somme, le savon ainsi préparé est blanc et ferme, d'une odeur agréable et d'une neutralité suffisante pour les diverses applications auxquelles on le destine. Les 1,200 kilogrammes d'huile d'olive, en fournissent de 1,920 à 1,980 kilogrammes, ce qui rapproche beaucoup sa composition de celle du savon blanc de Marseille levé sur gras. Comme indication utile aux praticiens, nous dirons que la quantité de lessive de liquidation qui reste dans la chaudière est d'environ 1,000 kilogrammes. Le degré aréométrique de cette lessive varie de 10° à 10° et 1/2 B.

Savon marbré germanique. — Il y a déjà longtemps qu'on fabrique en Allemagne un savon à marbrure grise ou brune, par une méthode absolument différente de la méthode marseillaise. Ce savon est formé d'un savon de suif et d'un savon d'huile de coco, que l'on prépare d'abord séparément.

Les plus belles et les meilleures qualités de ce savon mixte s'obtiennent avec le suif blanc, l'acide oléique de saponification calcaire, l'huile d'olive et l'huile de coco. Quant à la lessive on la prépare avec des sels de soude à haut titre, que l'on caustifie avec 60 pour 100 de chaux, en dirigeant l'opération de manière à obtenir la première lessive à 25° B. Pour les détails de l'opération, nous renvoyons le lecteur à la page 23. Cela dit, nous nous occuperons des deux espèces de savon, qui par leur mélange forment le savon marbré, et nous supposerons un traitement de 1,400 kilogrammes de matières grasses.

1° *Savon de suif.* — Pour préparer ce savon on prend :

Suif en pains.	900
Acide oléique de saponification calcaire.	50
Huile d'olive..	50
Total.	1000 kilog.

On commence l'empâtage, avec 950 kilogrammes de lessive à 7°, et après une ou deux heures d'ébullition on passe à la lessive à 12°. On en emploie 1,200 kilogrammes qu'on verse peu à peu dans la chaudière et on termine par une addition de 360 kilogrammes de lessive à 22°. L'opération exige cinq heures d'ébullition soutenue. On projette alors 100 kilogrammes de sel marin dans la chaudière; quand la séparation est effectuée, on augmente le feu et on laisse bouillir trois heures ou mieux, jusqu'à ce que l'écume ait disparu de la surface du savon. On retire alors le feu et on laisse le savon reposer sur lessive.

Savon d'huile de coco. — Ce savon se prépare avec 400 kilogrammes d'huile de coco et 700 kilogrammes de lessive à 23°. Après une heure d'ébullition pendant laquelle on n'a cessé de remuer la masse, on ajoute peu à peu 200 kilogrammes de lessive de potasse à 25°, puis on fait bouillir jusqu'à disparition de l'écume, ce qui exige environ deux heures.

Les deux savons ayant été préparés séparément, on procède à leur mélange. A cet effet, on transvase le savon de suif dans la chaudière qui contient le savon

SAVONS.

d'huile de coco et dont la capacité doit être assez grande pour recevoir les deux savons: il est essentiel que le savon de suif soit bien reposé et exempt de lessive, car la présence de celle-ci pourrait modifier les résultats de l'opération. Le mélange est alors soumis à une forte ébullition que l'on continue jusqu'au moment où le savon présente les caractères ci-après :

1° Lorsqu'il forme une forte pastille quand on le presse entre le pouce et l'index;

2° Lorsqu'il se rompt en tombant d'une spatule qu'on plonge dans la masse bouillante.

Lorsque ces caractères se présentent, on introduit dans la chaudière 1,500 grammes de noir d'os et même quantité de noir de Rome. Ces deux matières, qui doivent produire dans le savon une marbrure grise, sont préalablement délayées dans quelques litres de lessive bouillante. Après quelques minutes d'ébullition la couleur se trouve répartie dans la masse qu'elle colore uniformément. Alors on retire le feu et on coule le savon bouillant dans une mise préparée à l'avance. On brasse légèrement pendant quelques minutes, puis on couvre très-soigneusement la mise; car un refroidissement lent de la masse paraît favoriser la formation de la marbrure. Enfin, cinq ou six jours après le coulage, le savon peut être retiré de la mise, qui comme la plupart des mises des fabriques de l'intérieur est en bois doublé de feuilles de tôle et s'ouvre en quatre parties. Le rendement varie de 210 à 220 pour 100 de matières grasses. Remarquons que, pour obtenir une marbrure d'un rouge brun, on substitue le colcotar ou l'ocre rouge, au noir d'os et au noir de Rome. Cette dernière est préférée à l'autre par les consommateurs français.

Savons unicolores. — Quoiqu'on comprenne ordinairement sous cette dénomination tous les savons sans marbrure, y compris ceux d'huile de palme et d'acide oléique, nous ferons remarquer que nous appliquons plus spécialement ce nom aux savons qui retiennent toute la lessive qui a servi à leur saponification. Cette démarcation plus nette et plus précise, caractérise mieux la différence qui existe entre les deux méthodes générales de fabrication de savons durs.

D'ailleurs, ces savons, comme nous l'avons déjà fait remarquer, sont de qualités très-diverses et lorsque les fabricants ne visent pas à des rendements exagérés, il est possible de les obtenir excellents. Cette tendance à bien faire, devient de plus en plus générale; car, instruits par l'expérience, les producteurs sérieux savent aujourd'hui que, malgré leur bas prix, ces produits, au rendement de 4 à 500 pour 100 de matières grasses, n'ont pu réussir à se faire accepter par la masse des consommateurs, qui n'ont pas tardé à reconnaître qu'ils les payaient encore trop cher. Le mal, le grand mal en France, vient en toute chose de ce que nous dépassons toujours le but. C'est par la science et la probité que l'industrie peut grandir et se développer. Tandis, en effet, que les Anglais et les Allemands, peuples si foncièrement positifs et pratiques, réalisent par cette méthode des rendements de 200 à 250 pour 100 de matières grasses; il s'est trouvé chez nous des exploitants qui ont voulu obtenir des rendements imaginaires de 5 à 600 pour la même quantité de matières grasses. Il faut donc reconnaître que c'est nous-mêmes qui avons compromis, dès son début, cette source de production. Mais comme il a été dit précédemment, depuis déjà longtemps, des esprits sérieux, des fabricants probes et expérimentés ont réagi contre cette tendance qui ne pouvait aboutir à rien moins qu'à nous enlever la suprématie que nous avions conquise dans cette belle et importante branche de notre industrie nationale.

Quoique tous ces savons s'obtiennent par empâtage et par conséquent sans relargage, l'opération se divise cependant en deux périodes; la première a spécialement pour objet de combiner les matières grasses avec l'alcali; la seconde, de donner au savon formé le surcroît de rendement qu'on désire lui procurer, soit par une plus grande hydratation de la pâte, soit en y en introduisant, séparément ou ensemble, des solutions de sulfate de soude, de sel marin, de carbonate de soude, de silicate de soude. On voit d'après celà que les savons, préparés d'après cette méthode expéditive, retiennent non-seulement la glycérine des corps gras, mais encore toute la lessive employée à la transformation de ces derniers en savon, ainsi que les divers sels neutres qu'on y introduit en nature ou en dissolution pour en augmenter le rendement.

La saponification des corps gras peut s'effectuer dans les chaudières ordinaires de savonneries. Cependant les chaudières en fonte à fond sphérique, pareilles à celle représentée par la fig. 7, offrent de plus grandes facilités pour le travail.

Nous arrêterons là nos observations et commencerons l'étude de ces savons par ceux à l'huile de coco.

Fabrication des savons à l'huile de coco. — Lorsque ces savons sont fabriqués dans des conditions loyales, ils ne sont pas exempts de tout mérite. Du reste, nous devons faire observer que l'huile de coco n'est pas la seule matière grasse qui entre dans leur composition. L'expérience a en effet prouvé qu'on obtient de meilleurs résultats en associant à cette huile, dans des rapports divers, le suif pour les savons blancs, rouges et gris et le suif mélangé avec l'huile de palme pour le savon jaune. Ces mélanges présentent deux avantages : d'abord, ils diminuent le prix de la matière première, ensuite ils donnent plus de brillant et de douceur aux savons, en même temps qu'ils en atténuent la trop grande solubilité.

Les savons à l'huile de coco qu'on trouve dans le commerce sont diversement colorés; mais les plus recherchés sont les blancs, les roses, les jaunes et les gris. Tous ces savons sont obtenus sans relargage et avec des lessives de sel de soude à un haut titre alcalimétrique.

1° *Savon blanc.* — Pour les premières qualités de ce savon, on choisit l'huile la plus belle et la plus propre: celle de Cochin est ordinairement préférée. Les proportions ci-dessous fournissent de 550 à 600 kilogrammes de savon.

Huile de coco. . .	150
Suif blanc.	50
Total.	200 kilog.

Ces matières étant introduites dans une chaudière d'une contenance d'environ 15 hectolitres, on en opère la fusion à une douce chaleur. On verse alors dessus 200 kilogrammes de lessive à 25° B., et on fait bouillir le mélange que l'on brasse avec le redable. Quand la pâte a acquis de la consistance, on y ajoute peu à peu 50 kilogrammes de lessive de même force que la première, puis on complète la saponification des matières avec 40 kilogrammes de lessive de potasse que l'on emploie également à 25° de l'aréomètre Beaumé.

Enfin, pour donner au savon ainsi obtenu le surcroît de rendement qu'on cherche à obtenir, on y ajoute une solution de 100 kilogrammes de sulfate de soude d'une densité de 1.125 ou 16 degrés Beaumé. L'opération dure environ deux heures, pendant lesquelles on fait bouillir modérément le mélange. On retire alors le feu et on continue à brasser la pâte avec un redable. Lorsqu'elle commence à se figer sur les bords de la chaudière, on la verse dans une mise. Quelquefois le brassage se fait dans la mise même. La solidification de la masse exige trois ou quatre jours, lorsqu'elle est coulée sous une épaisseur qui n'excède pas 40 centimètres. Ce savon se divise en briques ou en morceaux de 500 grammes et quelquefois au-dessous.

On lui communique souvent une odeur agréable en parfumant la pâte fluide au moyen de l'essence d'anis ou de l'essence de mirbane blanche. Quant au rendement, il est, comme nous l'avons dit plus haut, de 550 à 600 kilogrammes pour les 200 kilogrammes de matières grasses. Ce savon est d'une blancheur éclatante, il produit une mousse abondante et est très-ferme sans être cassant. Par sa composition il se rapproche assez des qualités de savon d'huile de coco les plus pures qui se fabriquent en France pour les usages économiques.

2° *Savon rose.* — Le procédé de fabrication de ce savon est le même que pour le blanc. Pour convertir en effet ce dernier en savon rose, il suffit d'y introduire deux ou trois kilogrammes de cinabre préalablement broyé à l'huile de lin. Cette addition se fait naturellement dans la pâte de savon fluide qu'on colore en chaudière; puis on continue à brasser jusqu'à ce que le râble marque un sillon dans la masse, alors on verse le tout dans une mise et on laisse refroidir. Il est inutile que nous fassions remarquer que les proportions de cinabre ci-dessus s'appliquent à une opération de l'importance de la première.

3° *Savon gris.* — Ce savon se prépare en introduisant dans le mélange des matières qui produisent le savon blanc, 5 à 6 kilogrammes d'huile de palme, noircie à la température de l'ébullition par quelques centièmes d'acide azotique et de rognures de zinc. Le tout est ensuite saponifié d'après la méthode précédemment indiquée pour le savon blanc y compris le brassage. On obtient ainsi des savons de nuances très-agéables et dont l'intensité est proportionnelle à la quantité d'huile de palme transformée qui intervient dans le mélange.

4° *Savon jaune.* — Les proportions de matières grasses les plus usitées pour préparer ce savon sont :

Huile de coco.	130
Huile de palme naturelle.	20
Suif.	50
Total.	200 kil.

Pour le reste, on opère comme pour le savon blanc. Lorsque le savon est confectionné, on soutient sa couleur en y ajoutant 5 à 6 kilogrammes d'ocre rouge de première qualité qu'on délaye préalablement dans un peu d'eau. Cette addition de matière colorante doit se faire dans la chaudière pendant que la pâte est encore fluide. Après un brassage suffisant on verse le contenu de la chaudière dans une mise préparée à l'avance.

Ces savons sont, ainsi que nous l'avons fait remarquer, les meilleures qualités usuelles que peut produire l'huile de coco : ceux d'un rendement supérieur subissent un déchet considérable et ne tardent pas à se couvrir d'efflorescences salines, surtout en hiver. Il est très-certain que si l'on appréciait le savon réel que ces produits inférieurs renferment, on verrait que, malgré leur bas prix apparent, les consommateurs les payent plus cher que les meilleurs savons d'huiles ou d'acide oléique. Cependant, il existe d'autres huiles ou matières grasses moins coûteuses que l'huile de coco, dont on peut obtenir aussi des savons d'assez bonne qualité. Parmi ces dernières, l'huile de palmiste vient au premier rang. Observons que cette huile est ordinairement saponifiée avec des quantités relativement minimes d'huile de coco et de suif blanc. Pour obtenir un produit acceptable en ce genre, on ne doit pas chercher un rendement au-dessus de 280 à 300. Voici d'ailleurs des proportions de matières qui fournissent un savon de belle apparence et très-apprécié pour ses propriétés détersives :

Huile de palmiste.	150
Huile de coton.	50
Huile de coton raffinée.. .	50
Suif blanc.	50
Total.	300 kil.

On emploie, pour la saponification de ce mélange de matières grasses, 500 kilogrammes de lessive de sel de soude à 24° B. On commence avec 200 kilogrammes et après quelque temps d'ébullition, on ajoute les 300 kilogrammes restants par portions de 20 à 25 kilogrammes, de 10 en 10 minutes. Quand cette première lessive a été consommée, on ajoute 50 kilogrammes de lessive de potasse au même degré. On fait bouillir quelque temps encore, puis, pour donner le rendement voulu au savon, on verse dans la chaudière une solution de 150 kilogrammes d'eau de sel ou de sulfate de soude d'une densité de 1,125 ou 16° en remuant continuellement pour empêcher que la pâte ne s'attache sur le fond de la chaudière. La durée de l'opération est d'environ trois heures. On reconnaît qu'elle est arrivée à son terme lorsqu'un échantillon de savon pris dans la chaudière acquiert une consistance ferme par le refroidissement. Ce résultat obtenu, on retire le feu et on brasse le savon, qu'on ne verse dans la mise que lorsqu'il est presque froid. Les doses ci-dessus peuvent en fournir 850 à 900 kilogrammes.

Savon d'huile palmiste, de suif et de silicate de soude. — Cette qualité quoique inférieure à la précédente est cependant, d'un usage encore plus économique. Les proportions ci-dessous peuvent être employées avec avantage :

Huile palmiste. . . .	330
Suif blanc.	240
Huile de coton.. . . .	30
Total.	600 kil.

On opère la saponification des matières avec 1,000 kilogrammes de lessive à 22° que l'on introduit par portions successives dans la chaudière. Une heure ou une heure et demie après la dernière addition, on verse peu à peu dans le mélange 200 kilogrammes de silicate de soude à 36°. Il convient de faire observer que la solution de ce sel alcalin doit être préalablement chauffé à + 50° ou + 60° C. On ne doit d'ailleurs, l'introduire dans le savon que sous la forme d'un mince filet, qu'on incorpore à mesure dans la masse par un brassage prolongé. On fait encore bouillir quelque temps, et après avoir retiré le feu, on brasse le savon avant de le verser dans la mise. Des matières grasses ci-dessus on obtient de 1,550 à 1,600 kilogrammes de savon très-ferme et très-détersif.

Savons résineux sans relargage. — Les savons de ce genre se font avec des matières très-diverses et parfois de qualité très-inférieure. Les plus estimés, lorsqu'on ne force pas inconsidérément le rendement, se composent en général de suif, d'acide oléique, d'huile de palme et d'une proportion plus ou moins considérable de résine. En raison de l'énergie de leurs propriétés détersives, ces savons sont très-recherchés pour les usages domestiques. Les marines en consomment aussi de grandes quantités, principalement celles de Russie, d'Angleterre et des États-Unis; car ils sont les seules combinaisons des corps gras avec les alcalis qui puissent fournir une écume abondante avec l'eau de mer. Leurs usages industriels sont toutefois moins importants que leurs usages économiques, car on a cru reconnaître que leur emploi favorise l'éclosion des mites dans les draps; on leur reproche, en outre, de laisser un léger enduit résineux sur les tissus qui empêche ou diminue l'adhérence des mordants qu'on y applique avant la teinture. Tout cela peut être vrai en partie, mais seulement pour

les savons où persiste une partie de la résine non saponifiée et à l'état de simple mélange. Cela dit, nous décrirons brièvement un des procédés de fabrication de ces savons qui nous a toujours fourni un bon produit.

Nous partirons du mélange suivant:

Huile de palme.	200
Suif.	800
Acide oléique de saponification.	400
Résine de belle qualité. . . .	600
Total. . . .	2,000 kil.

Pour saponifier ces matières, on emploie 2,000 kil. de lessive de sel de soude à haut titre, d'une densité de de 1,215, correspondant à 26 degrés de l'aréomètre Beaumé. Cette lessive est introduite dans une chaudière d'une capacité de 35 hectolitres environ et chauffée jusqu'à l'ébullition. C'est alors qu'on y ajoute les matières grasses et la colophane, qui doit être préalablement pulvérisée. A partir de ce moment, on brasse continuellement le mélange qu'on fait bouillir à un feu doux et modéré. Par cette ébullition, que l'on prolonge pendant six ou huit heures, on obtient une pâte fortement liée d'un jaune brun, dont la consistance augmente graduellement par la concentration de la lessive. Lorsqu'un échantillon de 40 à 50 grammes refroidi est ferme, on fait passer le contenu de la chaudière dans une mise, et on brasse aussi longtemps que la fluidité de la pâte le permet. Quand le savon est complétement solidifié, on ouvre la mise pour diviser le bloc en gros pains.

Les proportions de matières indiquées plus haut donnent environ 3,000 kil. de bon savon. Ce savon est suffisamment ferme pour les savonnages à la main ; il acquiert avec le temps une translucidité assez remarquable.

Cette fabrication, encore si limitée en France, a acquis une grande importance en Angleterre. Elle s'y réduit, pour ainsi dire, en une simple formule, car on y opère sur des doses ou proportions de matières grasses, de résine et de lessive exactement déterminées, ce qui est assurément un contrôle et une garantie contre les erreurs. L'opération — et c'est le caractère particulièrement original et nouveau du procédé anglais — s'effectue, sous une pression de deux ou trois atmosphères, dans une vaste chaudière autoclave pourvue d'une soupape, d'un manomètre et d'un agitateur en fer dont la tige motrice reçoit le mouvement d'un moteur extérieur qui est ordinairement la vapeur. La figure 8 re-

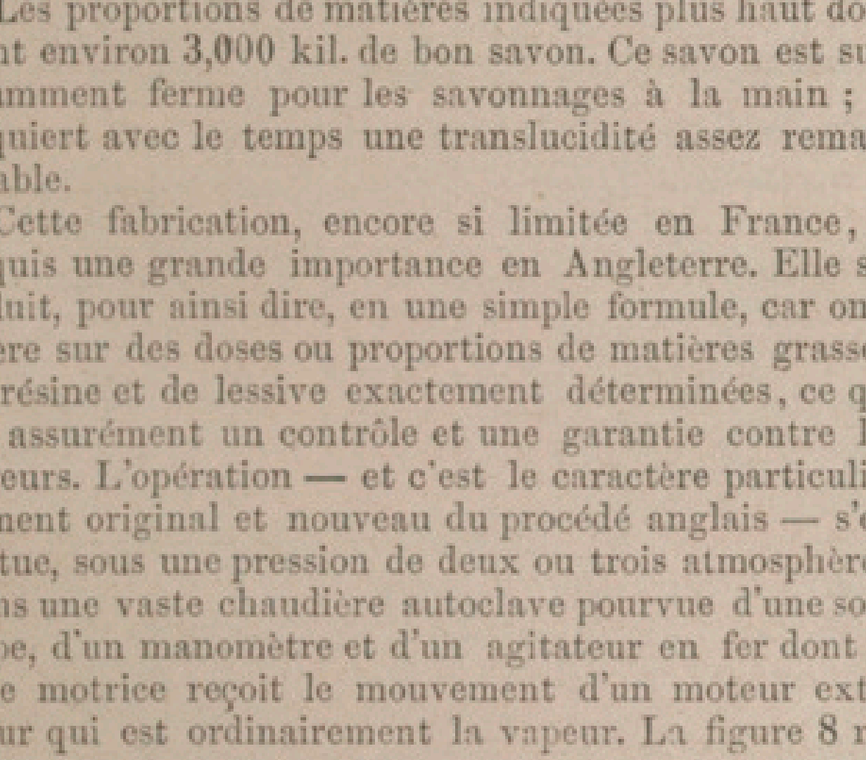


Fig. 8.

présente d'une manière assez précise l'ensemble de cet appareil, que beaucoup de praticiens croient excellent.

Ce qui est certain, c'est qu'il est fréquemment employé par les fabricants de la Grande-Bretagne qui s'occupent de la préparation de ce genre de savons. Ce qui prouve qu'en savonnerie, comme en beaucoup d'autres choses, on peut souvent arriver à des résultats identiques par des moyens différents.

Les combinaisons de matières grasses dont se servent les fabricants anglais, pour obtenir leurs savons résineux par simple voie d'amalgame ou d'empâtage, sont très-nombreuses; mais les meilleures, comme chez nous, se composent de graisses animales, d'huile de palme naturelle ou décolorée, d'acide oléique et de belle colophane. Car ces producteurs, à la fois si ingénieux et si éclairés, si pratiques et si ennemis des théories exclusives, du moins en matière industrielle, comprennent parfaitement qu'obtenus dans ces conditions, leurs produits présentent cette unité ou stabilité de composition si nécessaire pour les répandre à travers le monde entier par l'intermédiaire de leur puissante marine. Voici l'une des meilleures formules qu'ils emploient pour les premières qualités de savon de palme résineux :

Huile de palme naturelle. .	500
Suif blanc..	300
Résine n° 1 en poudre. . . .	200
Lessive caustique de sel de soude d'une densité de 1,200 ou 25° B.	1120
Total.	2120 kil.

Fabrication. — On introduit d'abord la lessive dans la chaudière autoclave, et quand elle est bouillante, on y ajoute les matières grasses et la résine. On ferme alors l'appareil et on chauffe pendant quelques heures sous une pression de 2 ou 3 atmosphères. Le savon arrivé au point de cuite convenable est alors extrait de la chaudière par un robinet inférieur et versé dans des mises où il se solidifie.

Nous donnons ci-dessous une autre formule servant à préparer un savon blanc très-doux, mais auquel on ajoute presque toujours une certaine quantité de sulfate ou de silicate de soude pour en augmenter le rendement :

Huile de palme décolorée.	400k
Huile palmiste.	400
Suif blanc.	400
Total.	1200 kil.

Fabrication. — Saponifier ce mélange avec 1,600 kilogrammes de lessive de sel de soude à 25° B. ou d'une densité de 1,200. Procéder pour le reste comme ci-dessus.

Remarquons, pour terminer, que cet appareil anglais sert aussi à préparer par amalgame les savons résineux et autres des séries inférieures. Il réalise évidemment pour cette fabrication spéciale quelques avantages comparativement aux chaudières à savons ordinaires. Il y a en effet, célérité dans l'opération, économie de combustible lorsqu'on opère sur des masses, et enfin une combinaison plus rapide des matières, combinaison que parait favoriser la température élevée à laquelle la réaction s'opère.

II. SAVONS MOUS, OU A BASE DE POTASSE. Ces savons constituent la seconde grande classe des savons solubles employés dans l'économie domestique et dans les arts. Formés de matières grasses où l'oléine prédomine et d'autre part ayant pour base la potasse, ils ont nécessairement une plus grande solubilité que les savons durs à base de soude. C'est même de cette solubilité que découle l'énergie de leurs propriétés détersives.

Les grands centres de production de ces savons sont les pays du nord de l'Europe. Leur fabrication est très-étendue et considérable en Angleterre, en Allemagne, en Suède et surtout en Hollande où elle a acquis un haut degré de perfection. Il s'en fait aussi en

France, principalement pour les manufactures de draps, qui peuvent rivaliser avec les meilleurs produits de l'étranger.

Tous ces savons sont obtenus sans relargage; ils renferment, par conséquent, la glycérine des matières grasses et toujours aussi un excès d'alcali, qui paraît nécessaire à la plupart de leurs applications.

Les huiles provenant des graines oléagineuses sont principalement employées à la fabrication des savons mous. Considérées au point de vue de la savonnerie, ces huiles se divisent en huiles chaudes et en huiles froides. Les premières, pour ne citer que les plus importantes, sont les huiles de cameline, d'œillette, de chènevis, de lin.

Leur nom d'huiles chaudes leur vient de ce que leur point de congélation est toujours au-dessous de zéro; les deux dernières ne se solidifient que par un abaissement de température de — 27° à 28°. Ces huiles fournissent en toute saison des savons d'une conservation facile, même par les froids les plus intenses de nos climats. Les savons provenant des huiles froides ne peuvent, au contraire, se conserver que dans la saison tempérée : le mélange des deux qualités donne souvent de bons résultats.

Quant aux potasses qui servent à la préparation de ces savons on préfère celles de Russie, d'Amérique et surtout celle de mélasse de betterave, qui est aujourd'hui fabriquée sur une vaste échelle dans nos centres sucriers. Pour cette dernière sorte, la savonnerie place au premier rang les marques de l'usine de M. Alfred Billet, l'un des plus grands producteurs d'alcool et de potasse du département du Nord. Du reste, le lecteur trouvera sur la richesse comparative des principales potasses commerciales d'utiles et précises indications dans le tableau qui figure à la page 10.

Pour préparer la lessive de potasse, on mélange assez fréquemment, dans des rapports divers, les trois sortes de potasses précitées que l'on décarbonate par 35 ou 40 p. 100 de chaux caustique. Mais la potasse raffinée de mélasse de betterave, qui est toujours la plus riche en degrés alcalimétriques, est aujourd'hui employée seule par beaucoup de fabricants.

Préparation de la lessive de potasse. — On emploie ordinairement pour préparer cette lessive une chaudière en fonte à fond sphérique comme celle qui est représentée par la figure 7, page 23. Pour y traiter, par exemple, 500 kilogrammes de potasse, sa contenance doit être de 35 à 40 hectolitres. On y verse d'abord 2,000 litres d'eau que l'on chauffe, en allumant le feu au foyer. Lorsque l'ébullition commence, on y dissout peu à peu la potasse; après quoi on y ajoute la chaux, dont on emploie 200 kilogrammes. Assez ordinairement on met la chaux par portions alternées dans la solution bouillante. Cependant, beaucoup de praticiens trouvent plus simple et meilleur d'employer cette chaux à l'état de bouillie, c'est-à-dire, après l'avoir délitée dans l'eau. Les deux méthodes sont bonnes : mais par la dernière, l'effervescence qui se produit dans le mélange est toujours moins vive : car, même dans ce cas, ce n'est que par portions alternées qu'on introduit cet hydrate de chaux dans la chaudière.

Quoiqu'il en soit, après l'introduction des dernières portions de chaux, on fait bouillir modérément le mélange, pendant une heure environ, en continuant à brasser pour maintenir la chaux en suspension. Alors on retire le feu et après 12 ou 15 heures de repos, on décante la liqueur claire qui forme la première lessive forte.

Le marc de chaux est ensuite épuisé par cinq lavages successifs, pour chacun desquels on emploie 500 litres d'eau. On laisse à chaque fois reposer 12 heures, car il est nécessaire de ne décanter que lorsque la liqueur est devenue parfaitement claire.

Comme nous l'avons fait pour le sel de soude, nous

donnons dans le tableau suivant en quantités, densités et degrés B. les lessives obtenues par 500 kilogrammes de potasse :

POTASSE employée.	EAU employée.	LESSIVE obtenue.	DENSITÉ.	DEGRÉ Beaumé.
kil	kil.	kil.		°
500	2000	1280	1157	20
	500	550	1106	14
	500	560	1073	10
	500	540	1046	6 1/2
	500	550	1028	4
	500	565	1013	2
500	4500	4045	»	»

De ce tableau il résulte que 100 kilogrammes de bonnes potasses commerciales doivent fournir:

1° Lessive à 20° 256;
2° Lessive à 14 110;
3° Lessive à 10 112;
4° Lessive à 6 1/2 108;
5° Lessive à 4 110;
6° Lessive à 2 113.

Pour fournir quelques indications utiles aux praticiens, nous avons déterminé la quantité de potasse à employer par hectolitre d'eau pour obtenir des solutions à 5, 10, 15, 20, 25, 30 degrés de l'aréomètre de Beaumé. Voici les résultats de notre travail:

Eau à employer.	Degrés à obtenir.	Potasse à employer.
litres	°	kl. gr.
100	5	2 .750
100	10	7 .250
100	15	12 .500
100	20	18 .500
100	25	25
100	30	34

Le carbonate de potasse, dont nous nous sommes servis, était sec et à 62 degrés alcalimétriques.

Comme en savonnerie, il est souvent très-utile de comparer les densités des lessives de potasse et de soude avec les degrés de l'aréomètre de Beaumé. Les praticiens trouveront ces rapports dans le tableau suivant:

Degrés B.	Densités.	Degrés B.	Densités.	Degrés B.	Densités.
0	1,000	17	1,132	34	1,301
1	1,006	18	1,140	35	1,312
2	1,013	19	1,148	36	1,324
3	1,020	20	1,157	37	1,336
4	1,028	21	1,167	38	1,349
5	1,035	22	1,176	39	1,361
6	1,042	23	1,186	40	1,374
7	1,050	24	1,195	41	1,386
8	1,058	25	1,205	42	1,400
9	1,065	26	1,215	43	1,413
10	1,073	27	1,225	44	1,427
11	1,081	28	1,235	45	1,441
12	1,090	29	1,246	46	1,456
13	1,100	30	1,256	47	1,470
14	1,106	31	1,267	48	1,485
15	1,114	32	1,278	49	1,500
16	1,125	33	1,289	50	1,515

La préparation des savons à base de potasse se fait dans des chaudières pareilles à celles employées pour la fabrication des savons durs. Ces chaudières sont chauffées à feu nu ou par la vapeur. Mais quoique ce dernier mode soit plus rationnel, on s'en tient presque partout au premier.

Pour fournir un exemple de la marche à suivre pour la fabrication de cette espèce de savons, nous supposerons une cuite composée de:

Huile d'œillette. . .	600 kilogrammes.
Huile de chènevis. .	100
Huile de lin.	100
Total. . . .	800 kilogrammes.

On commence pour introduire 400 kilogrammes de lessive de potasse d'une densité de 1114 ou 15° B. dans une chaudière de 30 hectolitres environ. On allume le feu, et, lorsque la lessive est un peu plus que tiède on verse les huiles dessus; on porte ensuite le mélange à l'ébullition et on l'y maintient pendant quelques heures. Il est important de ne pas trop activer le feu, car la masse qui est alors à l'état visqueux pourrait adhérer au fond de la chaudière et y brûler. Il est possible que pendant cette première période de l'opération, il se détache quelques parties d'huile du mélange. Presque toujours, cet accident résulte de l'emploi de lessives imparfaitement décarbonatées ou préparées avec des potasses où les sels neutres abondent. Le plus souvent on parvient à incorporer cette huile dans la masse déjà émulsionnée par des additions de lessive très-faibles et très-pures que l'on ajoute peu à peu et en continuant l'ébullition.

A ce propos nous ferons remarquer qu'une addition de quelques centièmes de savon mou ou de résine dans l'empâtage, accélère considérablement la combinaison de l'alcali avec les huiles, en émulsionnant plus complétement le mélange. Il est encore à remarquer que les huiles anciennes ou rances conviennent beaucoup mieux pour cette fabrication que les huiles neutres ou récentes.

Quoi qu'il en soit, quand le mélange a pris un certain degré de consistance, on continue l'opération avec des lessives à 17 ou 18 degrés. On en emploie environ 600 kilogrammes que l'on ajoute à différentes reprises et par portions de 25 à 30 kilogrammes à la fois. La pâte se sature graduellement et devient de plus en plus épaisse par suite de l'évaporation de l'eau et de l'absorption de l'alcali par les acides gras provenant de la décomposition des huiles. Cependant la cuite ne peut être terminée que par une nouvelle addition de lessive que l'on emploie cette fois à une densité de 1,157 ou de 1,176 correspondant, la première à 20 et la seconde à 22 degrés Beaumé. Elle est introduite, comme précédemment, par portions successives dans la chaudière, jusqu'à ce que le savon soit arrivé au point de cuite convenable. A ce moment son alcalinité est prononcée. Refroidi par portions de 5 à 10 grammes sur une feuille de verre, il est blanc dessus et transparent dessous, principalement au centre; une spatule qu'on plonge dans la masse bouillante et qu'on retire aussitôt, le laisse tomber en plaques courtes et striées. Remarquons qu'avant d'avoir atteint le point de cuisson nécessaire, le savon ne blanchit pas sur le verre et s'écoule de la spatule sous forme sirupeuse.

Lorsque le savon doit contenir de la résine, c'est toujours vers la fin de la cuite qu'on l'ajoute. On fait choix ordinairement d'une résine de belle qualité que l'on pulvérise préalablement. La dose varie de 10 à 15 pour 100 du poids des huiles. Après avoir introduit cette résine dans la chaudière on continue encore l'ébullition pendant quelques heures, en ajoutant peu à peu une certaine quantité de lessive forte pour redonner à la pâte son alcalinité première. Lorsqu'on se propose d'employer de la lessive de soude, c'est ordinairement dans cette dernière période de l'opération qu'on l'ajoute.

Quoi qu'il en soit, lorsque la cuite présente les caractères déjà indiqués, on retire le feu et on laisse le savon en chaudière pendant douze ou quinze heures. Ce temps écoulé il peut être mis en tonneaux; mais on préfère le laisser refroidir quelques jours dans des bassins de tôle. après quoi on en remplit les tonneaux. Ces derniers, de capacités très-diverses, en contiennent depuis 25 jusqu'à 250 kilogrammes.

Ainsi préparé, ce savon est presque translucide lorsqu'il ne contient pas de soude en excès. On le colore souvent en vert au moyen de l'indigo qu'on réduit préalablement en poudre impalpable. La dose pour une cuite de l'importance de celle dont il est ici question est de 5 à 600 grammes.

Quant au rendement, les 800 kilogrammes d'huiles produisent de 16 à 1,700 kilogrammes de savon. Mais lorsqu'on ajoute 100 ou 150 kilogrammes de résine au mélange, le rendement peut arriver à 1,900 kilogrammes. Remarquons qne cette faible dose de résine augmente les propriétés détersives du savon, lui donne plus de liant et le rend plus diaphane.

Comme indication utile aux praticiens nous dirons que 100 kilogrammes d'huiles exigent pour leur saponification l'équivalent de 160 à 170 kilogrammes de lessive de potasse d'une densité de 1,176 ou 22° B. En d'autres termes, si la quantité de lessive qu'on emploie à différents degrés pour la transformation en savon mou de 100 kilogrammes d'huiles ou autres matières grasses était amenée par évaporation à 22° B., elle représenterait approximativement les poids précités de 160 à 170 kilogrammes. Nous ferons cependant remarquer que ces chiffres supposent l'emploi d'une lessive préparée avec des potasses dont le titre n'est pas inférieur à 60 degrés alcalimétriques.

Ces matières de choix donnent toujours un savon de première qualité. Mais il s'en fait aussi avec les suifs communs, les graisses de suint et même avec l'huile de poisson qu'on mélange avec de fortes proportions de résine. Ces savons sont toujours inférieurs à ceux provenant des huiles de graines pures, ou mélangées avec l'axonge. Cependant leur bas prix les fait rechercher pour les usages domestiques.

En Allemagne, où les savons mous sont l'objet d'une fabrication importante, il s'en fait trois qualités: la première qui est excellente, est le résultat de la saponification de l'huile d'œillette par la lessive de potasse. La deuxième est le même produit avec addition d'une forte proportion de fécule et quelquefois de résine. La troisième est fournie par les fonds de pile d'huile d'œillette. Les deux dernières sont amenées à une forte consistance au moyen du silicate de soude.

Il est encore une autre méthode de préparer le savon mou dont il nous reste à parler.

Savon mou d'acide oléique. — Depuis les récents développements de l'industrie savonnière dans nos grands centres manufacturiers, les savons mous de qualité supérieure s'obtiennent à l'aide de l'acide oléique qui est bien véritablement la matière grasse qui convient le mieux à la fabrication de cette espèce de savon. A ce propos, qu'il nous soit permis de rappeler que notre frère André Lormé a eu la priorité de cette importante application. Déjà, en effet, depuis une trentaine d'années, il a fait connaître le procédé de fabrication de ce savon; et à partir de cette époque éloignée, ce procédé a été reproduit dans plusieurs ouvrages techniques et de chimie appliquée et plus récemment encore dans les *Merveilles de l'industrie* de M. Louis Figuier, à l'article très-intéressant que l'éminent vulgarisateur a consacré à la savonnerie. Voici cet article:

« Un mode de fabrication des savons mous plus en

SAVONS.

rapport avec l'état actuel de la science a été mis en usage par M. André Lormé, qui l'a décrit en ces termes:

« Les matières premières de ce savon sont l'acide oléique non distillé, l'huile de palme et la lessive de potasse. Voici les meilleures proportions pour obtenir un produit de qualité supérieure:

Acide oléique.	900
Huile de palme.	400
Lessive de potasse à 20° Beaumé. .	1600
Total.	2600 kil.

« On opère la fusion des matières grasses à une douce température dans une chaudière de la capacité de 35 à 40 hectolitres. On ajoute d'abord 600 kilogrammes de la lessive ci-dessus, et on soumet le mélange à une ébullition modérée. Lorsque les matières sont bien empâtées, on ajoute successivement et par portions de 50 kilogrammes à chaque fois, les 1,000 kilogrammes restant de la lessive à employer. On continue à faire bouillir modérément, et on essaie de temps en temps la pâte par les moyens ordinaires. Lorsque par la concentration de la lessive le savon est arrivé au point de cuite désiré, on enlève le feu et on le laisse reposer dans la chaudière pendant quelques heures. Ce savon est d'une belle couleur jaune brun; s'il doit être coloré en vert, on y ajoute quelques centaines de grammes d'indigo surfin en poudre, qu'on y incorpore par une agitation suffisamment prolongée; lorsqu'on a obtenu la nuance voulue, on coule le savon dans des tonneaux qu'on a préalablement disposés pour le recevoir.

« Le savon ainsi préparé est très-recherché dans le commerce. Il est d'une consistance plus épaisse que celui obtenu par la saponification des huiles végétales. On en emploie depuis quelque temps des quantités considérables pour le désuintage des laines et le blanchissage du linge de ménage. Pour ce dernier et récent emploi, il remplace avec avantage le sel de soude; son action, plus détersive et moins corrosive que celle de ce sel, altère beaucoup moins la fibre des matières textiles.

« Des proportions de matières employées, on obtient, en moyenne, 2,200 kilogrammes de savon, soit un rendement de 220 pour 100 de matières grasses.

« Ajoutons que l'opération exige 7 à 8 heures d'ébullition à feu doux.

« On développe une grande transparence dans ce savon en y incorporant pendant qu'il est encore tiède 1 ou 2 centièmes d'alcool concentré. »

Comme on le voit, dit M. Louis Figuier, l'acide oléique entre ici, et par exception, dans la préparation des savons mous à base de potasse.

Nous ajouterons que notre frère avait, dès les premiers temps, reconnu l'utilité d'introduire une certaine quantité d'huile de palme et de résine dans ce savon. La première lui donnait une nuance plus belle et plus riche en même temps qu'une odeur plus agréable; la seconde en augmentait l'énergie détersive déjà considérable et permettait de l'employer pour les savonnages à l'eau de mer.

Savon à foulon. — Les qualités essentielles d'un bon savon à foulon sont: 1° d'être entièrement soluble; 2° de fournir une mousse persistante et abondante; 3° de ne pas exercer une action trop active sur les filaments de la laine.

On réalise ces conditions d'une façon assez complète par la saponification du suif au moyen d'un mélange de lessives de potasse et de sel de soude. Le résultat de cette saponification fournit un savon blanc, solide, quoique ayant une certaine flexibilité qu'il doit à la potasse. Ce savon est très-peu soluble dans l'eau froide, mais l'eau bouillante en dissout une forte proportion, et la liqueur développe une mousse abondante par l'agitation. C'est la propriété qu'on y recherche.

On obtient ce savon, comme il vient d'être dit, en traitant le suif par deux fois son poids d'un mélange à parties égales de lessive de potasse et de sel de soude, à 15 ou 16° B. Lorsqu'on opère sur des quantités qui ne dépassent pas 100 kilogrammes, on fait bouillir 5 à 6 heures. On dirige l'opération de manière à avoir un rendement de 180 à 190 pour 100 de suif, ce qui est toujours facile. Le savon est alors versé dans une mise où il se solidifie assez rapidement, parce qu'il est coulé sous une épaisseur qui n'excède pas 20 centimètres.

Il se prépare aussi une autre qualité de savon à foulon dans des conditions différentes, et dans lequel le suif est remplacé par l'huile d'œillette. Pour l'obtenir on chauffe cette huile à + 45° ou + 50° C., et on verse dessus, par 100 kilogrammes, 120 kilogrammes de lessive à 25° B., formée à partie égale de potasse et de natrum que l'on caustifie par 60 pour 100 de chaux. On brasse quelque temps le mélange, et, lorsque l'union des matières paraît parfaite, on coule le savon qui est alors presque solide dans des tonneaux fortement cerclés en fer.

FABRICATION DES SAVON DE TOILETTE.

Ces savons aux formes si élégantes et si variées, aux couleurs si délicates et si vives, aux parfums si divers et parfois si exquis, ne sont pourtant, lorsqu'on les considère au point de vue de leur constitution chimique, que des composés salins analogues aux savons ordinaires.

Mais, ce qui les distingue essentiellement de ces derniers, c'est le choix des matières qui entrent dans leur composition, les parfums, les baumes qu'on y introduit, et surtout les soins spéciaux qu'on apporte à leur épuration; car, étant exclusivement destinés aux usages de la toilette, on s'efforce de les obtenir aussi neutres que possible.

Les matières grasses qui servent à les fabriquer sont peu nombreuses. Le suif, l'axonge et l'huile de coco fournissent, à peu d'exceptions près, la base organique des savons blancs, roses et autres de nuances claires. Les mêmes matières, alliées en proportions diverses avec l'huile de palme naturelle, donnent les savons jaunes, verts et bruns par des additions ultérieures de matières colorantes appropriées, dont il sera parlé en temps opportun. Quant à l'alcali — nous ne parlons ici que des savons de toilette durs — on emploie toujours les sels de soude à un titre alcalimétrique élevé, et, ce qui est surtout essentiel, entièrement exempts de sulfure.

Ces savons, du reste, s'obtiennent au moyen des deux méthodes appliquées à la fabrication des savons ordinaires. Par l'une — c'est la méthode marseillaise — on opère la saponification des matières sur lessive; par l'autre on procède par voie d'incorporation directe ou de mélange sans séparation de lessive. Ici, encore, le premier mode donne nécessairement les savons les mieux expurgés d'alcali caustique et de matières salines, car ces diverses substances sont en très-grande partie entraînées par la liquidation qui complète leur épuration. Ceux obtenus par le second mode, n'étant soumis à aucune purification ultérieure sont toujours plus alcalins, et par conséquent moins propres à l'hygiène de la peau.

Parmi les diverses substances employées pour colorer les pâtes de savon incolores qui servent de base aux savons de toilette, les plus usuelles sont: le vermillon pour le rose; le chromate de plomb, l'ocre jaune, la gomme-gutte, le curcuma pour le jaune; le colcotar, l'ocre brun, la terre de Sienne calcinée ou l'infusion alcoolique de caramel pour les différentes nuances de brun; les mélanges de gomme-gutte et de bleu de cobalt ou même d'indigo pour les verts. Il convient, toutefois, de faire observer que depuis déjà quelques années les colorants métalliques sont fréquemment remplacés par l'aniline ou ses dérivés, surtout pour le rose et le violet. Mais ces riches et magnifiques couleurs sont

beaucoup moins stables que les premières et d'un prix très-élevé.

Les parfums que l'on emploie pour donner à ces savons les arômes si divers et si agréables qui les font rechercher pour les soins de la toilette sont principalement empruntés aux deux règnes organiques. La civette et le musc procèdent des animaux; les baumes, le benjoin, le styrax, l'ambre, les résines aromatiques, des plantes. Mais leur source la plus abondante est fournie par les essences végétales. Celles-ci sont aujourd'hui extraites en quantités considérables des fleurs, des fruits, des graines, des écorces d'un grand nombre de plantes indigènes et exotiques, et surtout des immenses cultures florales de notre belle Provence, qui fournissent les espèces les plus estimées pour les emplois spéciaux de la parfumerie et de la savonnerie de luxe.

Terminons ces généralités en faisant remarquer que notre pays a toujours eu une prééminence marquée dans cette branche, aujourd'hui si développée et si importante de l'industrie savonnière. Londres, Vienne, Saint-Pétersbourg, Rome possèdent aussi de nombreuses et considérables usines de savons de toilette; mais leurs produits, quoique en général excellemment élaborés, n'ont jamais pu atteindre le degré de perfection qui caractérise ceux des grandes maisons de Paris, où l'on trouve à la fois cette variété presque inépuisable de formes, de couleurs, de parfums exquis, ce cachet, cette distinction artistique, ces mille détails ingénieux et charmants par lesquels le génie de notre nation se révèle et s'affirme.

Cela dit, nous commencerons l'étude de ces intéressants produits par la fabrication des pâtes de savons épurées qui leur servent de base. Nous nous occuperons d'abord de celles préparées sur lessives.

Savon blanc d'axonge. — Ce savon, étant inodore, forme la base des savons de toilette extrafins. Il est d'autant plus beau que l'axonge qui sert à sa préparation est elle-même plus blanche et plus pure. Cependant, pour le rendre plus mousseux et plus doux, on fait entrer dans sa composition une certaine quantité d'huile de coco. Pour la première qualité de ce savon, on peut prendre :

Axonge blanche.	900 kil.
Huile de coco.	100
Total.	1,000 kil.

Fabrication.— On empâte les matières ci-dessus dans une chaudière de 40 hectolitres, dans laquelle on met 7 à 800 kil. de lessive de sel de soude à 8 ou 10 degrés Beaumé. Après quelques heures d'ébullition, pendant lesquelles on râble continuellement le mélange, on commence à se servir de lessives à 15°, dont on emploie 400 kil. Enfin, quand, après une nouvelle ébullition de quelques heures, la pâte est devenue dense, épaisse et bien liée, on commence à *relarguer*. Dans ce but, on verse dans la chaudière, que l'on maintient toujours à une douce ébullition, des recuits bien épurés et bien limpides à 20 ou 25 degrés, dont on emploie, par portions fractionnées, un poids de 800 à 1,000 kilogrammes. Sous l'influence de cette liqueur salée, l'émulsion savonneuse se transforme graduellement en grumeaux et la lessive en excès s'en détache. Ayant obtenu ce résultat, on enlève le feu, et au bout de quelques heures on *épine* la chaudière. Remarquons qu'à défaut de *recuits* on pourrait obtenir la séparation du savon avec des lessives neuves à 18°, contenant 8 kilogrammes de sel marin par hectolitre.

Coction. — Cette opération exige deux services de lessives.

Pour le premier, il convient que les lessives ne soient pas trop concentrées, car on déterminerait prématurément la formation du grain, qui ne doit se former que graduellement à mesure que la pâte se sature d'alcali.

Conséquemment, après avoir *épiné* la chaudière, on y verse 600 kilogrammes de lessive neuve à 20° B., puis on porte le mélange à l'ébullition. Lorsqu'on remarque que le savon commence à se lier, on le sépare de nouveau en ajoutant peu à peu de la lessive de recuit préalablement filtrée sur de vieux marcs de chaux. On peut ainsi utiliser la soude caustique que cette lessive retient encore et réaliser une économie assez grande de lessive neuve. Enfin, au bout de 8 à 10 heures d'ébullition, la lessive de la chaudière ne décèle à la dégustation que la présence de sels neutres. On enlève alors le feu, et, après un repos suffisant, on *épine* une seconde fois.

Pour le second service, on fait bouillir le savon avec 600 kilogrammes de lessive neuve à 25 degrés, et pour compenser l'évaporation qui résulte de l'ébullition, on ajoute dans l'espace de 10 à 12 heures, par portions fractionnées, un poids de lessive égal aux deux tiers du premier, c'est-à-dire 400 kilogrammes.

Assez ordinairement, au bout de ce temps, le savon est arrivé au point de cuisson convenable. Il s'écaille quand on le presse entre les doigs et la lessive contient encore un excès de soude libre que l'on reconnait aisément à la saveur caustique qu'elle laisse sur la langue. Si ces caractères n'étaient pas assez évidents, il conviendrait de continuer encore l'ébullition, et même, s'il était nécessaire, d'ajouter une nouvelle quantité de lessive neuve pour achever la saturation du savon. Ce résultat obtenu, on laisse reposer quelque temps, et, après avoir fait écouler la lessive, on procède à la liquidation.

A cet effet, on verse dans la chaudière 7 à 800 kilogrammes de recuits incolores à 10 ou 12 degrés. On porte alors le mélange à l'ébullition, et on l'y maintient pendant quelques heures, afin d'enlever au savon l'excès de soude caustique qu'il contient.

Cette première lessive étant soutirée, on continue l'opération avec des recuits ou petites eaux à 5 ou 6 degrés, qu'on ajoute peu à peu pour éviter de lier trop tôt la pâte. Il convient, en effet, que celle-ci soit séparée de la lessive le plus longtemps possible, parce que alors elle se dépouille plus aisément et plus complétement de l'alcali non combiné et de l'excès de matières salines qu'elle retient encore. Pendant tout ce temps, on fait bouillir doucement, en ayant soin de ramener la pâte des bords au centre. Enfin, on finit l'opération en ajoutant avec précaution de petites eaux à 2 ou 3 degrés, ou même de l'eau pure. De même que pour le savon blanc de Marseille, auquel nous renvoyons pour les détails, on reconnaît que la liquidation est à son terme, lorsque les parties du fond que l'ébullition amène à la surface commencent à prendre une teinte grise. Aujourd'hui, on évite d'avoir une trop grande précipitation de *gras*, et, lorsque l'opération a été conduite avec soin, le savon n'en est pas moins pur.

Quelle que soit d'ailleurs la méthode que l'on suive, lorsque la liquidation est terminée, on retire le feu, et après un léger brassage de la masse savonneuse, on couvre soigneusement la chaudière, qu'on laisse reposer 12 ou 15 heures. Ce temps écoulé, on enlève la couche d'écume qui se trouve à la surface du savon liquidé, qu'on coule ensuite dans des mises : ce savon forme, comme toujours, une couche intermédiaire entre les écumes et le gras. Ce dernier, qui est aussi un savon, est plus liquide, plus dense, plus coloré, plus caustique surtout. Il est donc nécessaire de le couler à part sur une autre mise. Quant au rendement, une opération composée comme ci-dessus produit en moyenne :

Savon d'écume.	100
Savon blanc épuré.	1,500
Gras à 50 p. 100 d'eau. . . .	200
Total.	1,800 kil.

Le savon d'axonge ainsi préparé a les propriétés qu'on recherche dans un bon savon de toilette. Il est doux et neutre, aussi sert-il de base aux savons extra-fins, et surtout au savon blanc d'amandes amères, qui est un des plus employés pour l'hygiène de la peau.

Le suif constitue aussi une matière première importante pour la fabrication des savons de toilette. Mais étant composé en grande partie de stéarine et de margarine, il forme des savons moins solubles et moins mousseux que l'axonge, où l'oléine domine. En pratique, on obvie à cet inconvénient en saponifiant ce corps gras avec une certaine quantité d'axonge et d'huile de coco, laquelle intervient, du reste, comme on l'a vu précédemment, dans la composition de tous les savons de toilette. C'est particulièrement à cette huile qu'ils doivent l'onctuosité et les propriétés émulsives qui les distinguent.

Il y a pourtant à remarquer que si, dans ces conditions nouvelles, le suif produit un excellent savon, celui-ci retient encore l'odeur générique de la matière première. Cependant cette odeur se trouve très-atténuée en opérant sur des suifs fondus à la vapeur, d'après la méthode indiquée à la page 8, qui fournit des suifs extrêmement purs, presque inodores et absolument exempts de toute matière putrescible.

Les proportions ci-après donnent un excellent produit :

Suif ou graisse de mouton.	500
Idem de bœuf.	200
Axonge blanche.	200
Huile de coco.	100
Total.	1,000 kil.

Quant à la manière de procéder à la saponification de ces matières, elle est identique à celle que nous venons de décrire pour le savon d'axonge. Disons, toutefois, que l'on emploie une plus grande quantité de lessive faible à l'empâtage, afin de dépouiller plus complétement le savon de l'odeur si persistante du suif.

Souvent même on prolonge l'opération jusqu'au moment où la lessive se sépare de la pâte. Le beau savon blanc de Windsor se commence ainsi. Mais les fabricants anglais parfument ce savon en chaudière, vers la fin de la cuite, avec d'assez fortes proportions d'essences communes, afin de dissimuler entièrement l'odeur du principe gras employé. Cependant, depuis un certain nombre d'années, il entre dans la composition de ce classique savon d'assez fortes proportions d'axonge, d'huile d'olive et d'huile de coco, ce qui le rapproche beaucoup de nos savons de toilette français.

Le savon de suif obtenu par les procédés ordinaires de la savonnerie ne peut être totalement privé de son odeur générique. Tels nombreux, en effet, que soient les lavages en chaudière, l'odeur *sui generis* du suif y persiste, quoique fortement atténuée.

On applique, du reste, à ce savon le mode de liquidation ordinaire. Cependant, lorsqu'on désire l'avoir très-pur on le traite après la cuite, à plusieurs reprises, par des solutions neutres de sel marin ou de sulfate de soude d'une densité correspondant à 10° ou 12° B. On continue ainsi jusqu'au moment où la liqueur d'épinage ne contient plus de soude caustique; on achève ensuite sa liquidation à l'eau pure en suivant la marche précédemment indiquée pour le savon blanc de Marseille et le savon d'axonge.

Savon d'huile de palme. — L'huile exotique qui forme la base de cet agréable et aromatique savon, si recherché pour la toilette, est ordinairement saponifiée avec des proportions variables de suif et d'huile de coco : le premier lui donne une consistance plus ferme; la seconde en augmente les propriétés émulsives.

Pour une cuite de 1,000 kilogrammes de matières premières on emploie :

Huile de palme naturelle.	600
Suif blanc.	250
Colophane n° 1.	50
Huile de coco..	100
Total.	1,000 kil.

On opère comme pour le savon d'axonge. Les proportions de matières ci-dessus fournissent une moyenne de 1,500 kilogrammes de savon épuré. Pour obtenir ce rendement, il est essentiel toutefois de ne pas trop liquider la masse savonneuse. Ce savon constitue le savon palme de première qualité; il s'en fait peu à l'huile pure.

Fabrication mécanique des savons de toilette. — Les savons fabriqués en chaudière exigent, pour passer à l'état de savons de toilette, un certain nombre d'opérations communes, qui sont :

1° La réduction en copeaux;
2° Le mélange des parfums et des couleurs;
3° Le broyage;
4° Le pelotage ;
5° Le moulage ;
6° Le paquetage.

Disons d'abord que ces différentes opérations ou manipulations s'exécutent sans le concours de la chaleur, ce qui fait que les parfums et les aromes que l'on ajoute aux savons se conservent intacts. Il y a encore à remarquer que depuis l'extension prodigieuse qu'a prise cette industrie, on a créé un outillage spécial, très-complet, très-bien combiné, dont nous reproduirons les types les plus essentiels.

1° *Réduction du savon en copeaux.* Le savon que l'on extrait des mises après sa solidification forme des blocs que l'on découpe en pains carrés sur des cadres en bois au moyen d'un fil de fer. Ce travail achevé, les pains sont divisés en copeaux très-minces, car ce n'est que sous cette forme que le savon peut être soumis à un broyage uniforme qui y incorpore le parfum et la couleur qu'on veut lui communiquer.

Le découpage des pains se fait au moyen d'un appareil spécial qui consiste en une sorte de rabot circulaire auquel la matière est fournie à l'aide d'une trémie. La figure 9 montre l'appareil mû à la main. Mû par la vapeur (fig. 10), il peut aisément fournir 3 ou 400 kilogrammes de copeaux par heure.

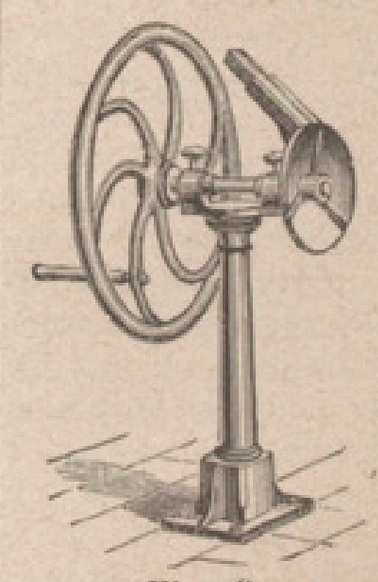


Fig. 9.

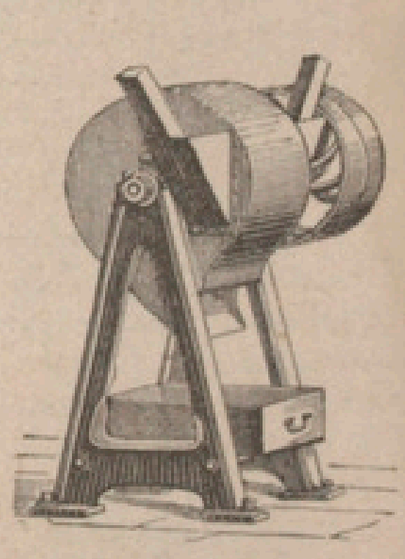


Fig. 10.

2° *Mélange des essences et des couleurs.* Dans les grandes usines où fonctionnent des machines à broyer et à peloter perfectionnées, on obtient des savons immédiatement durs et n'éprouvant aucun déchet ultérieur, en employant un tiers de savon frais tel qu'il sort du rabot avec deux tiers de savon en copeaux préalablement desséché à siccité. Plus souvent encore, on dessèche la masse entière des copeaux dans un courant d'air chaud, ce qui exige une heure à peine.

Quoi qu'il en soit, c'est toujours sur les copeaux de savon secs ou hydratés qu'on répand les essences et les matières colorantes. Pour les savons blancs, on verse directement les essences sur les copeaux; pour les sa-

vons colorés, on y délaye préalablement les colorants, et si ceux-ci sont solides, on les réduit d'abord en poudre. Le mélange se fait assez ordinairement dans une grande caisse en bois blanc très-évasée. On brasse, et quand tout est bien mêlé, on procède au broyage.

3° *Broyage.* Parmi les machines, aujourd'hui très-nombreuses, qui sont affectées à ce travail, il y en a de très-perfectionnées. Les broyeuses de MM. Beyer frères méritent, entre autres, une attention particulière, car, grâce à leur bonne exécution elles opèrent avec célérité et économie. Leur broyeuse à quatre cylindres, qui est la plus parfaite, est représentée par la figure 11.

Cette machine se compose de deux cylindres horizontaux inférieurs et de deux cylindres supérieurs disposés dans une position inclinée. Tout le système est mis en œuvre par un pignon de commande, qui reçoit son impulsion d'une machine à vapeur. L'écartement des cylindres est réglé par des volants à main.

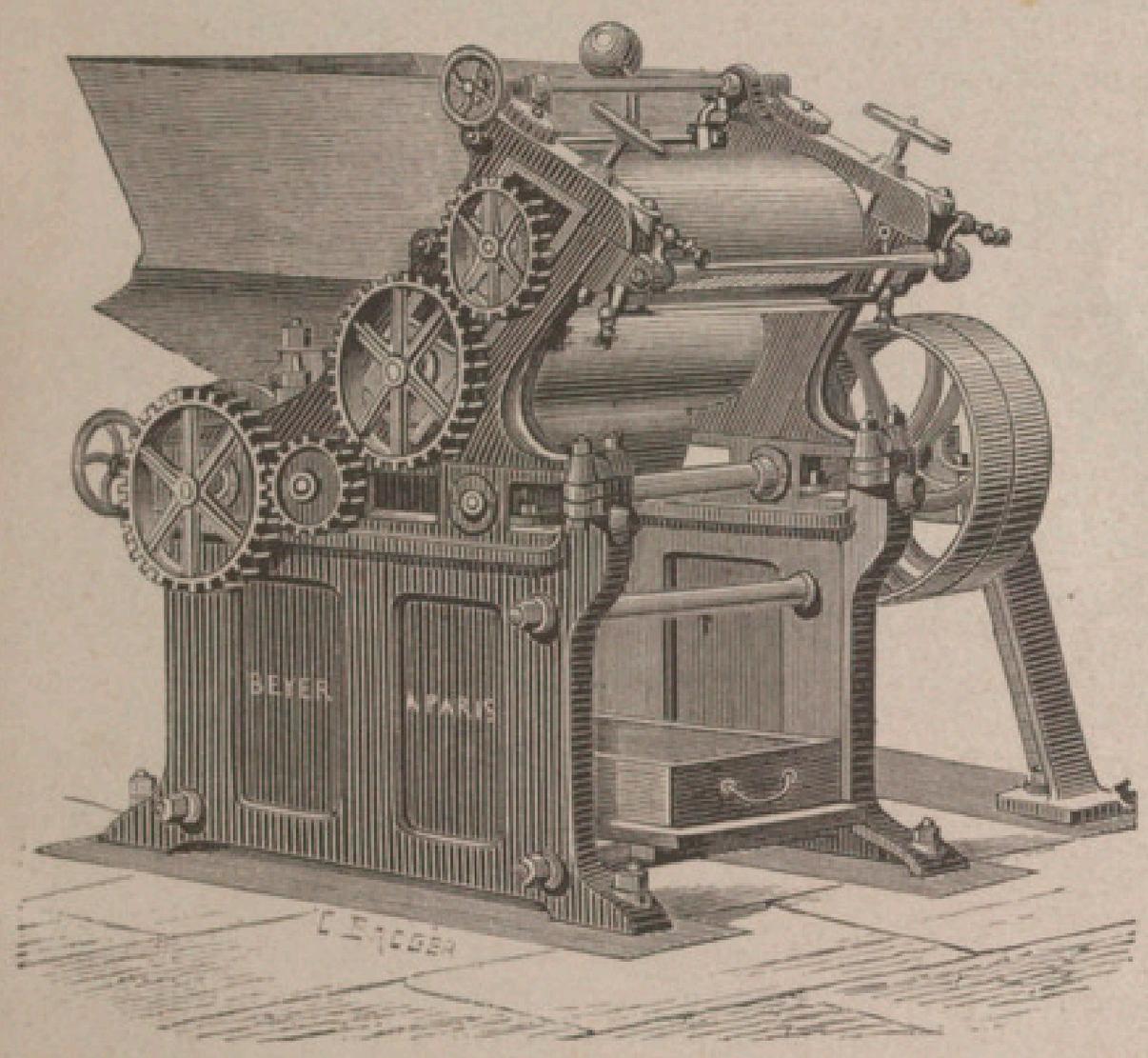


Fig. 11.

Pour faire fonctionner cet appareil, on charge la trémie inférieure avec le mélange de copeaux de savon, d'essence et de couleur que l'on veut travailler. Cela fait, on met les cylindres en mouvement. Le savon,

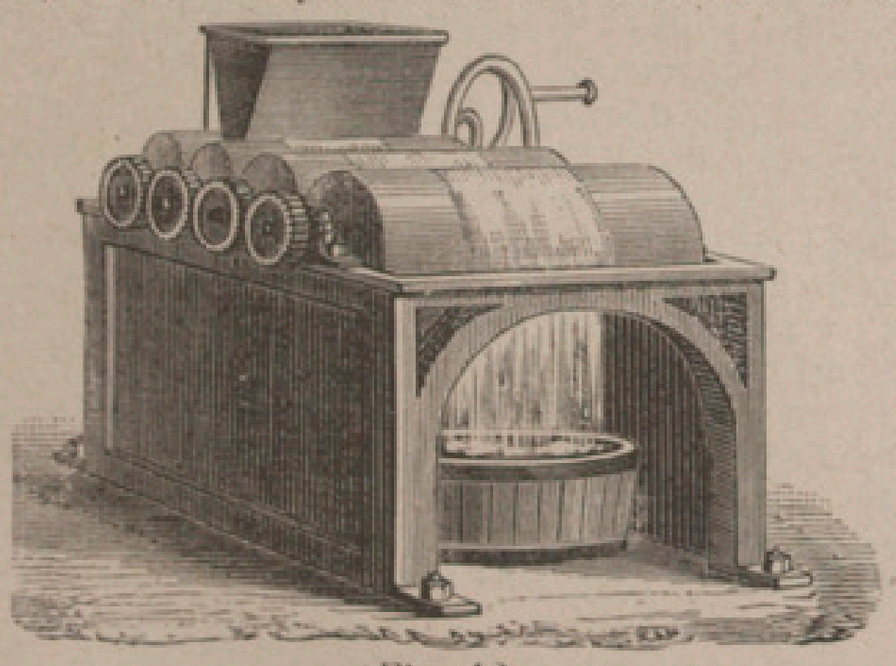


Fig. 12.

d'abord écrasé par les deux premiers cylindres, remonte aux cylindres inclinés, où il subit un nouveau broyage. Arrivé au quatrième, qui est le plus élevé, une forte râclette le rejette dans la partie supérieure de la trémie.

Recueilli dans ce compartiment, il retombe dans le compartiment inférieur, passe de nouveau entre les premiers cylindres pour recommencer la même évolution jusqu'au moment où le mélange forme une pâte parfaitement liée et homogène. On presse alors une détente, et une lame qui vient s'appuyer contre le troisième cylindre fait tomber la pâte dans une caisse. La figure 12 montre comment se comporte le savon entre les cylindres. La pâte ainsi obtenue est transformée en petits pains ou pelotes par l'opération du pelotage, dont il va être question.

Disons, pour terminer, que l'avantage particulier de cette nouvelle machine consiste dans le travail automatique qu'elle accomplit en se chargeant d'elle-même, d'où résulte une économie de main-d'œuvre, une production accélérée et la suppression du déchet résultant de la manipulation des pâtes par les ouvriers.

4° *Pelotage.* Le savon ayant été amené par le broyage à cet état d'homogénité nécessaire au mélange des essences et des couleurs, était, il y a peu de temps encore, pilé par parties de 5 à 6 kilogrammes dans un mortier, divisé en morceaux d'un poids déterminé, façonné en petits pains, et enfin moulé après une dessiccation qui se prolongeait pendant trois semaines ou un mois.

Ces manipulations, qui n'étaient pas les seules que comportait ce mode de travail, imposaient une main-d'œuvre considérable qui arrêtait l'essor de la production. La mécanique à laquelle l'industrie moderne doit ses plus grands progrès a fourni là encore une solution inattendue par la création des *peloteuses.* Ces ingénieuses et puissantes machines ont profondément modifié les conditions économiques de cette fabrication. Permettant, en effet, de pétrir, manipuler, façonner, mouler les pâtes de savon sèches, elles ont supprimé par cela même, outre le pétrissage à la main, si long, si imparfait et si coûteux, le séchage, le grattage, le lavage à l'alcool; car elles peuvent livrer directement et presque instantanément à la consommation les produits qu'elles élaborent.

L'industrie possède plusieurs systèmes de ces machines : nous citerons parmi les plus perfectionnées la nouvelle peloteuse de MM. Beyer frères, qui est aujourd'hui très-employée, et dont plusieurs rapports, émanant d'hommes compétents, attestent l'excellence.

L'organe principal de cette machine (fig. 13) se compose d'un fort cylindre en fonte, dans lequel on introduit mécaniquement la pâte de savon colorée et parfumée provenant de la broyeuse. Un pilon mécanique, mû par la vapeur, comprime la pâte, qui arrive à son extrémité inférieure compacte et homogène. Là, la matière savonneuse est refoulée dans une filière d'une section déterminée, dont elle prend la forme, puis est découpée automatiquement en morceaux de même poids qui passent dans un moule, où ils reçoivent leur forme définitive. Cependant, comme leur surface est encore légèrement onctueuse, il est préférable de les exposer quelques heures dans une étuve modérément chauffée. Ils prennent alors par le frappage un poli plus durable, plus brillant et plus beau. Ajoutons qu'une circulation de vapeur d'eau autour du cylindre, donne au savon le degré de plasticité nécessaire au succès de l'opération.

Cette machine, d'un système très-compliqué, mais bien étudié cependant, se prête difficilement à une des-

SAVONS.

cription précise. Nous n'avons voulu, d'ailleurs, qu'en indiquer le principe et le mode de fonctionnement. Répétons, toutefois, qu'elle constitue un système nouveau de fabrication des savons de toilette, qu'elle permet d'obtenir instantanément et d'une qualité parfaite en opérant, comme il est de règle, sur des pâtes de savon parfaitement purifiées.

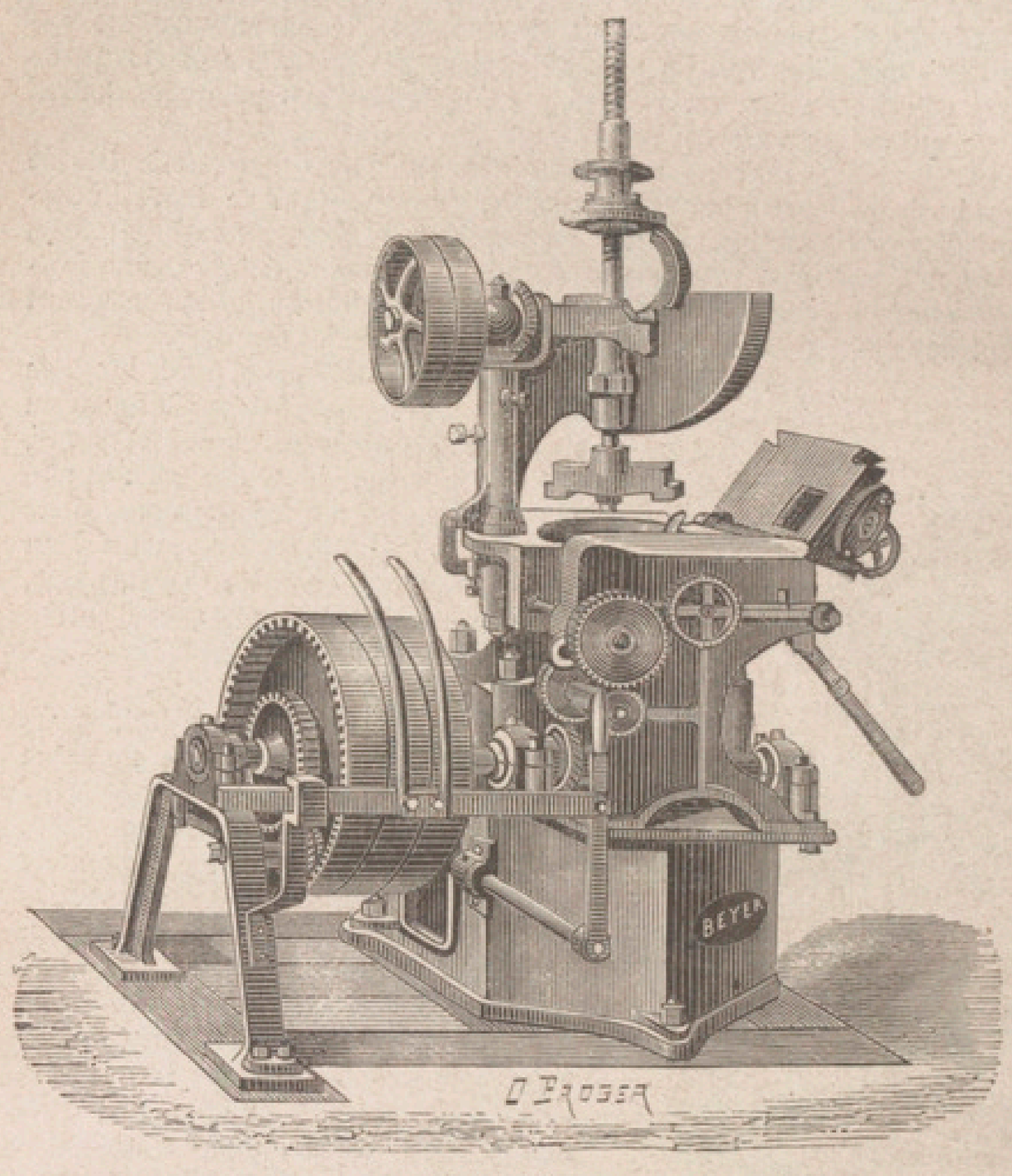


Fig. 13.

5° *Moulage*. Les moules dont on se sert pour frapper

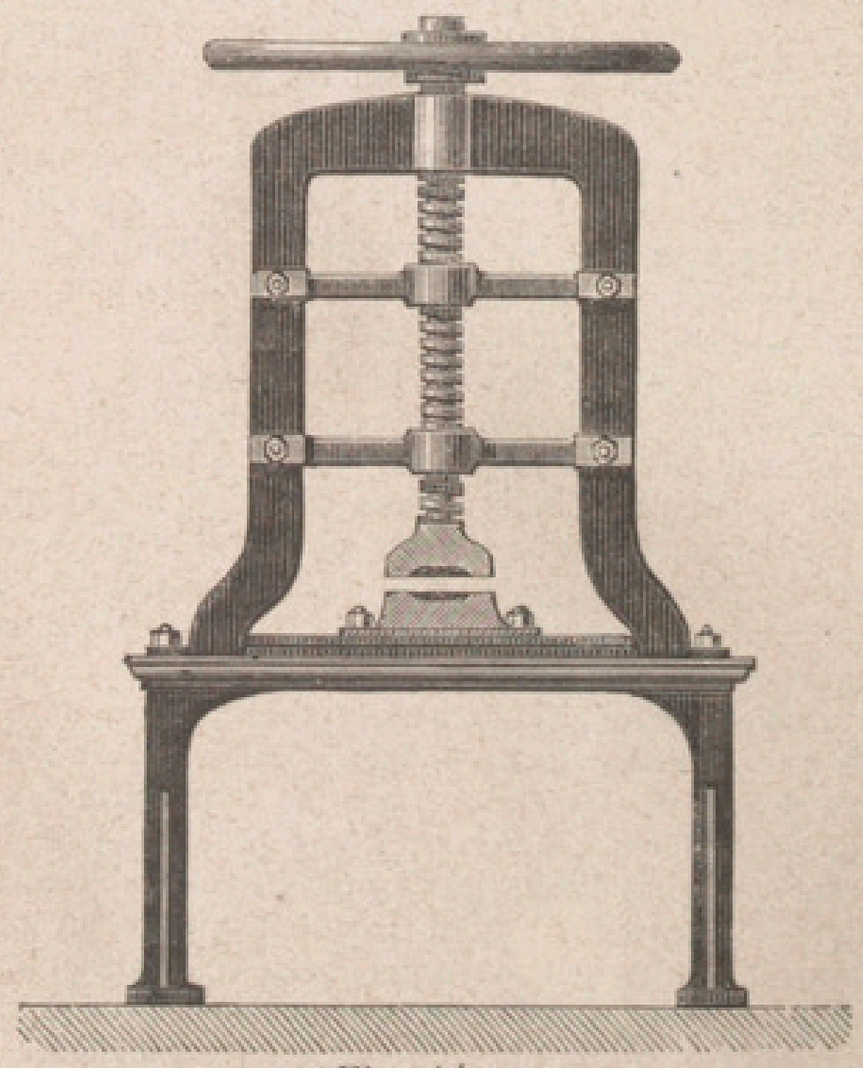


Fig. 14.

les savons de toilette sont de formes et de dimensions très-variées. Assez ordinairement ils portent à l'intérieur une gravure en relief ou en creux qui s'imprime dans les savons; presque toujours aussi ils portent le nom du fabricant.

Ces moules sont, comme d'habitude, formés de deux parties et fonctionnent dans une boîte ou matrice (fig. 14). Leur numéro se rapporte au poids des pains de savon, et le moulage n'entraîne aucun déchet. Ils suivent le mouvement de descente et de montée de la vis de la presse, ce qui permet d'enlever avec facilité le savon qui, après son moulage, reste dans la partie inférieure du moule. La presse peut fonctionner à bras ou par force motrice, c'est-à-dire par la vapeur.

Les petits pains de savon ayant reçu par le frappage leur forme définitive, il ne reste plus qu'à procéder à leur paquetage, opération dont nous dirons quelques mots.

6° *Paquetage*. Nous ne nous occuperons ici que des savons fins. On commence d'abord à les envelopper dans un papier de soie, que l'on recouvre de deux nouvelles enveloppes, la première en papier ordinaire, et la seconde, en beau papier glacé. Cette dernière est ornée de riches dessins coloriés et porte le nom du fabricant.

Quelle que soit, d'ailleurs, leur enveloppe, ces savons sont livrés au commerce par boîtes de trois ou six pains. Ces boîtes, en carton fin d'une blancheur éclatante, sont ordinairement gaufrées à l'extérieur et garnies à l'intérieur d'un papier souple et soyeux presque toujours découpé à jour, ce qui est d'un effet très-gracieux. C'est par l'élégance, l'imprévu, la fraîcheur des accessoires, qu'on donne à ces produits ce caractère de distinction artistique qui est comme la marque de la fabrique française dans les industries de luxe.

Maintenant que nous avons une idée générale du travail mécanique des savons de toilette, nous indiquerons quelques-unes des formules qui servent à les parfumer et colorer.

Ces formules s'appliquent à un poids de 20 kilogrammes de savon. Mais il est évident qu'il n'y a d'essentiel à cet égard que les rapports, et qu'on peut prendre telle quantité de savon que l'on jugera convenable. Parmi ces formules, très-nombreuses, il est une grande partie qui, pour des raisons diverses, seraient difficilement applicables; car sur ce sol fertile chacun a semé un peu à sa manière, et cette manière n'a pas toujours été la meilleure. Il est juste, toutefois, de faire observer que dans cette abondance on ne recommande point, comme dans la plupart des formules anciennes, l'emploi de substances corrosives ou toxiques. C'est un progrès de l'esprit public qu'il convient de constater, car un savon de toilette doit tirer sa valeur principale de son innocuité.

Revenons à nos formules.

1° *Savon d'amandes amères*. — Ce savon est un des plus recherchés pour les usages de la toilette. Il a pour base le savon d'axonge le plus blanc et le plus pur. Pour le composer on prend :

Savon d'axonge.	20 kil.
Essence d'amandes amères. .	200 grammes.

Quelquefois on compose le parfum avec 140 grammes d'essence d'amandes amères et 60 grammes d'essence de bergamotte. Faisons remarquer que cette dernière essence peut être remplacée par un poids équivalent d'essence de citron, de cédrat ou de Portugal, qui sont aussi,

quoique fournies par des organes différents, des produits de l'oranger ou de ses variétés.

2° *Savon de Windsor.* — Pour composer ce savon, on prend :

Savon de suif de bœuf.	15
Idem d'axonge.	5
Total.	20 kil.

Ces proportions donnent un savon très-mousseux et très-doux. On le parfume avec :

Essence de lavande anglaise. .	20
— de thym blanc.	60
— de romarin.	20
— de carvi.	20
— d'aspic.	60
Total.	180 grammes.

Le parfum de ce savon n'est pas toujours le même. Mais il se compose ordinairement d'essences des séries inférieures. Celui que nous donnons ici est d'un arome pénétrant et agréable.

3° *Savon à l'œillet.* — Ce savon se distingue par la suave pénétration de son arome. Cependant ce n'est pas à l'œillet qu'il doit son parfum, car celui-ci, plus intense et plus agréable que le produit naturel, est dû à un mélange d'essence de girofle et de géranium.

Pour composer ce savon, on prend :

Savon de suif.	12
Idem d'huile de palme.	8
Total.	20 kil.

Parfumer avec :

Essence de girofle.	160
— de géranium.	40
Total.	200 grammes.

Colorer avec 150 gr. de mine orange ou de cinabre.

4° *Savon jaune, dit de guimauve.* — De même que le précédent, cet excellent savon résulte d'un mélange de savon de suif et de savon d'huile de palme. Pour le préparer on prend :

Savon blanc de suif.	10
Idem d'huile de palme..	10
Total.	20 kil.

Parfumer avec :

Essence de lavande fine. . . .	150
— de citron exprimé. . .	32
— de néroli petit grain.	32
— de verveine.	10
— de menthe anglaise. .	6
Total.	230 grammes.

Ce savon est caractérisé par un arome très-agréable. On maintient sa couleur en y incorporant :

Mine orange.	60
Ocre jaune..	60
Gomme-gutte en poudre. . .	40
Total.	160 grammes.

5° *Savon au musc.* — Ce savon a eu pendant longtemps une vogue très-étendue. Quoiqu'on recherche aujourd'hui des aromes plus délicats et moins accentués, il s'en fait encore d'assez grandes quantités. Pour l'obtenir on prend :

Savon de suif.	12
Idem d'huile de palme..	8
Total.	20 kil.

Parfumer avec :

Teinture d'ambrette.	200
— de musc.	100
— de vanille..	25
— de baume de Tolu.	25
Essence de bergamotte . . .	80
— de girofle.	10
Total.	440 grammes.

Colorer avec 100 grammes de brun de Prusse ou d'infusion de caramel.

6° *Savon d'huile d'olive et de suif.* — Le savon d'huile d'olive bien épuré est excellent pour les usages de la toilette. Mais pour lui donner une base plus ferme, il convient de l'associer au savon de suif. Pour le composer on prend :

Savon blanc de Marseille n° 1. . . .	10
Idem de suif.	10
Total..	20 kil.

On communique à ce savon un parfum délicieux en y ajoutant :

Essence de géranium... . . .	50
— de citron..	30
— de cédrat.	30
— de girofle.	30
— d'amandes amères. .	30
Total.	170 grammes.

On donne à ce savon une nuance vert d'eau avec 10 gr. de jaune de chrôme pur et 10 gr. de smalt.

7° *Savon à la fleur d'oranger.* — Ce savon est très-apprécié pour la délicatesse de son parfum. Il a pour base le savon d'axonge de première qualité. Son parfum se compose, pour 20 kilogrammes, de :

Essence de néroli.	100
Idem de géranium.	60
Total.	160 grammes.

On peut encore parfumer ce savon avec :

Essence de néroli.	100
Teinture d'ambre.	25
Total.	125 grammes.

8° *Savon à la rose musquée.* — Pour préparer ce savon, on prend :

Savon blanc d'axonge.	15
Idem de suif.	5
Total.	20 kil.

Parfumer avec :

Essence de rose.	80
— de néroli.	30
— de géranium.	20
— de girofle.	10
— de bergamotte. . . .	10
Teinture de civette.	10
— de musc..	10
— de styrax.	5
Bois de Rhodes en poudre impalpable.	100
Total.	285 grammes.

Colorer avec 150 ou 200 grammes de beau vermillon.

2° *Fabrication des savons de toilette à froid par la lessive de cristaux de soude à 36 degrés.* — Cette seconde méthode de fabrication des savons de toilette, sans avoir la valeur de la précédente, qui sera toujours la meilleure pour obtenir des produits d'une pureté irréprochable, offre cependant quelques avantages. Elle n'exige d'abord qu'une bien minime dépense d'installation et peut être exploitée sans de grandes connaissances en savonnerie, car procédant par poids et mesures sur des matières connues et identiques, l'opération, sous certaines conditions de température, se résume en un simple mélange ou amalgame indiquant par des caractères précis le moment où la combinaison est opérée et par conséquent le savon terminé. Cette fabrication peut, en outre, s'exercer sur les plus minimes quantités de matière. Et ici même, à Paris, à côté de nos opulentes usines de savons de toilette, possédant un matériel nombreux et perfectionné, d'humbles industriels gagnent le pain de leurs familles en produisant 20 ou 30 kilogrammes de savon par jour. Il convient de dire que dans ces conditions la durée de l'opération ne dépasse pas 25 ou 30 minutes, alors même qu'on traite plusieurs centaines de kilogrammes de matières grasses.

Ces savons sont, du reste, d'assez belle apparence, surtout lorsqu'ils sont préparés avec soin. Les premières qualités s'obtiennent avec des matières grasses bien

SAVONS.

purifiées et des meilleures provenances. On y emploie de préférence les suifs fondus par la vapeur, car étant plus purs que les autres ils donnent des produits plus beaux, plus blancs, moins odorants. Les huiles de coco et de palme qui sont aussi très-employées dans cette fabrication sont préalablement purifiées par plusieurs lavages à l'eau bouillante. Ce ne sont donc que des graisses animales et des huiles végétales parfaitement pures qui servent à préparer les premières qualités de ces savons.

Quelques maisons de Paris, dont les produits en ce genre se distinguent pour leur excellente confection, les fabriquent avec des corps gras parfumés par enfleurage. Ainsi parfumées ces matières fournissent des savons d'odeurs très-agréables, souvent même d'une délicatesse exquise, car l'enfleurage a cet avantage très-précieux de fixer dans les corps gras les aromes des fleurs, sans leur faire subir aucune altération.

Cela dit nous nous occuperons de la préparation de la lessive, qui est l'opération principale de cette fabrication.

Préparation de la lessive de cristaux de soude à 36°. — Dans les savonneries de quelque importance cette lessive se fait dans deux chaudières disposées comme l'indique la figure 15, et ayant chacune un foyer:

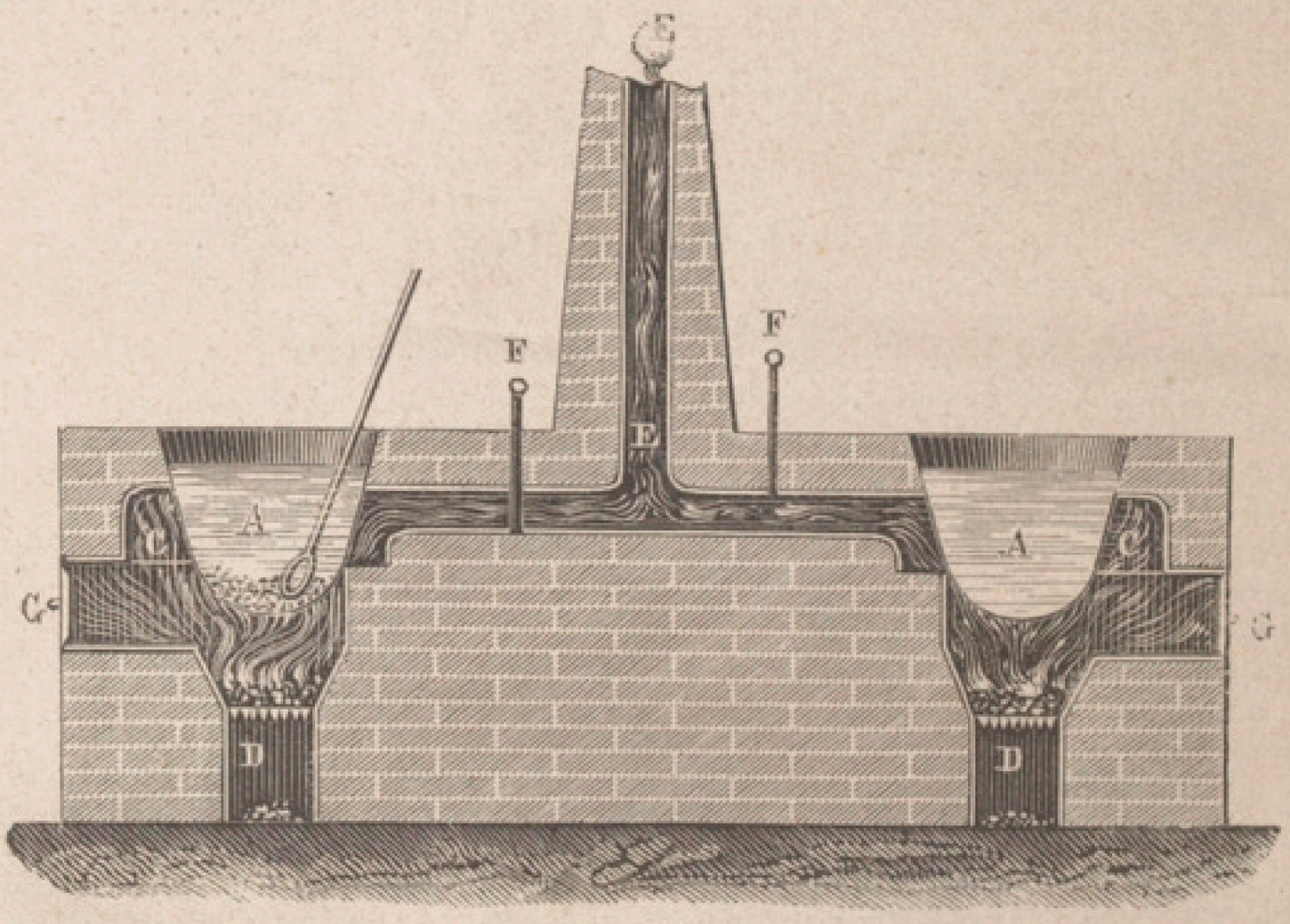


Fig. 15.

A A Chaudières en fonte à fonds sphériques;
B B Foyers à grilles servant à chauffer les chaudières;
C C Cendriers;
E E Cheminée;
F F Registres pour régler le tirage des fourneaux.

Disons d'abord que l'une de ces chaudières est destinée à décarbonater et à laver le marc de chaux, l'autre à évaporer les liqueurs provenant des différents soutirages.

Pour traiter, par exemple, 500 kilogrammes de cristaux de soude, la chaudière à décarbonater doit avoir une contenance de 25 hectolitres environ. On y introduit d'abord 1,500 litres d'eau, on la porte à l'ébullition, puis on y fait dissoudre les cristaux de soude par portions successives de 50 kilogrammes, en agitant la liqueur avec un rable. Quand tout le sel est dissous, on ajoute peu à peu dans la solution bouillante 175 kilogrammes de chaux caustique. Et pendant ce temps on continue à remuer le mélange pour empêcher la chaux de se précipiter. Après la dernière addition de chaux on fait bouillir la chaudière à feu très-doux et égal, environ une heure, puis on laisse reposer. Lorsque la liqueur est devenue limpide on la décante dans la seconde chaudière qui jusqu'à ce moment était restée vide. Le marc de chaux qui reste dans la première chaudière est alors épuisé par des lavages qu'on répète quatre ou cinq fois, et pour chacun desquels on emploie 3 à 400 litres d'eau. A chaque fois on soumet le mélange à un brassage énergique, suivi d'un temps de repos suffisant; on continue ainsi jusqu'à ce que la liqueur qui surnage la chaux ne marque plus que zéro.

L'évaporation dans la seconde chaudière commence en même temps que les lavages; on y réunit à mesure les liqueurs que l'on décante à l'exception toutefois des dernières eaux qu'on emploie dans une opération ultérieure pour le premier lavage du marc de chaux et de soude. A part ces petites eaux, la masse entière des liqueurs est concentrée jusqu'à 34° bouillante. Arrivé à ce point on retire le feu et on laisse lentement refroidir en chaudière. Après quelques jours on décante la lessive qui marque alors 36° ou 37° à l'aréomètre. Quant au léger dépôt cristallin et boueux qui reste dans la chaudière, on le fait repasser dans une nouvelle opération.

Ainsi préparée cette lessive présente toutes les qualités requises pour la fabrication des savons de toilette à froid. Elle constitue un véritable hydrate de soude en dissolution dans l'eau.

Les 500 kilogrammes de carbonate de soude cristallisé que nous avons pris pour point de départ de l'opération ci-dessus, en produisent en bonne pratique 380 kilogrammes à 36°. Quelquefois même on arrive à 400 kilogrammes, lorsque le sel a perdu une partie de son eau de cristallisation. Mais le premier rendement est seul normal et rationnel.

Quoi qu'il en soit, c'est, comme nous venons de le dire, avec cette lessive que l'on prépare tous les savons de toilette à froid par le procédé de la *petite chaudière* dont nous allons nous occuper.

Fabrication. — Les chaudières dont on se sert dans cette fabrication sont en fonte, et on peut y traiter depuis 25 jusqu'à 500 kilogrammes de savon. Elles reposent sur un trépied en fer et on les chauffe à l'aide d'un petit fourneau mobile dans lequel on brûle du charbon de bois. La figure 16 représente très-exactement un de ces appareils.

SAVONS.

1° *Savon blanc extra-fin.* — Pour donner une idée précise de la manière d'opérer, nous décrirons, comme

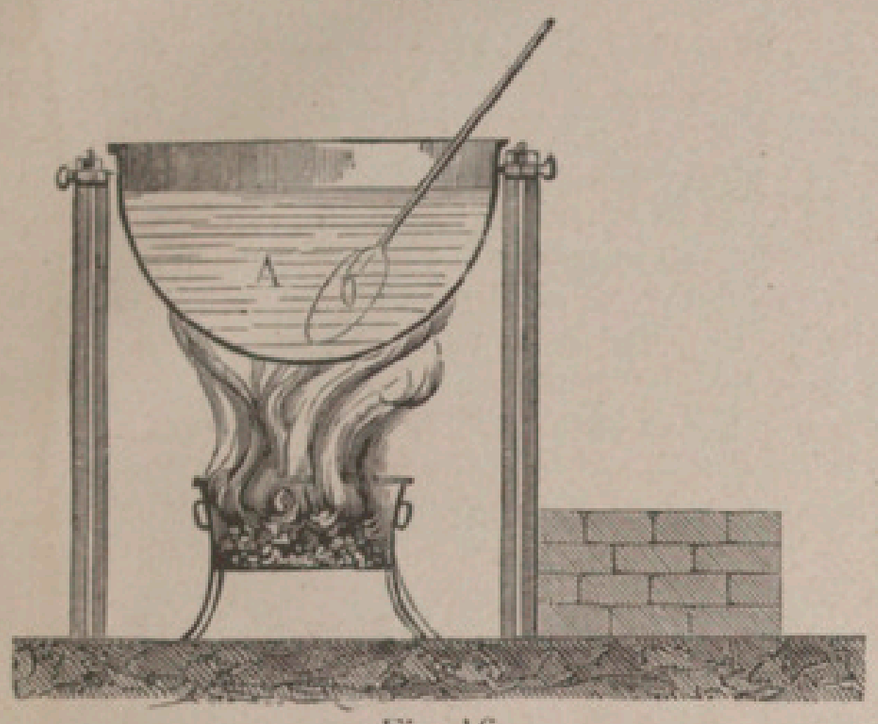


Fig. 16.

exemple, la préparation d'un savon blanc surfin. Pour obtenir 100 kilogrammes de ce savon on prend:

Huile de coco purifiée. . . .	32
Suif très-blanc.	22
Axonge très-blanc.	10
Lessive de cristaux de soude à 36 degrés.	36
Total.	100 kil.

Pour communiquer à ce savon un parfum agréable on y ajoute :

Essence de bergamotte. . .	400
» de lavande.	100
» de carvi.	200
» de thym.	100
» de romarin.	100
» de Portugal	100
Total.	1000 grammes.

Opération. — Pour commencer l'opération un introduit les corps gras dans la chaudière, et on en opère la fusion à feu doux. C'est alors qu'on ajoute les essences. Puis lorsque la température des matières s'élève à + 30° ou + 32°, on y fait arriver la lessive en un mince filet, en remuant sans interruption le mélange avec une spatule. Pendant l'action on laisse le fourneau sous la chaudière, car bien que l'opération s'exécute à froid l'influence d'une très-douce chaleur facilite la combinaison. Le mélange devient d'ailleurs de plus en plus consistant, car, comme dans le procédé à la grande chaudière, la combinaison naturelle préexistante des corps est préalablement détruite, et ce sont les acides gras qui en résultent qui se combinent à mesure avec l'hydrate de soude pour donner naissance au savon. L'opération, dans ces conditions, dure de 20 à 25 minutes. On reconnaît qu'elle est arrivée à son terme lorsque la spatule qui sert à remuer le mélange marque son passage à travers la masse par un sillon persistant. C'est à ce moment qu'on verse le savon dans la mise, car en le laissant plus longtemps dans la chaudière il se prendrait en masse.

Les mises dans lesquelles on coule ces savons consistent en cadres en bois blanc de 0m,18 à 1m,20 de hauteur, dont les dimensions se rapportent à la quantité de savon qu'ils doivent recevoir. Chaque cadre forme une mise et entre dans une rainure pratiquée sur une espèce de table qui lui sert de fond. Pour empêcher que le savon y adhère ou revêt intérieurement ces mises d'une forte toile blanche. Quoi qu'il en soit, dès que le savon est en mise on le couvre avec de fortes couvertures de laine, afin de favoriser la réaction qui lui donne l'homogénité de composition qu'il doit avoir.

Cette réaction se manifeste par une élévation progressive et continue de la température de la masse savonneuse, qui de l'état pâteux et presque solide qu'elle avait au moment où on l'a versée dans la mise devient peu à peu entièrement fluide et visqueuse. C'est réellement par cette réaction spontanée que se produit ou, du moins, que s'achève la saponification ou combinaison des acides gras avec la soude caustique. Car, en effet, dans la première période du travail en chaudière, les éléments constitutifs du savon n'existent, s'il est permis de s'exprimer ainsi, qu'à l'état de simple mélange.

Au reste, quand la chaleur a atteint son maximum d'intensité, il y a de nouveau abaissement de température, et le savon ne tarde pas à se solidifier. Au bout de 24 ou 30 heures, il est assez ferme pour être enlevé de la mise, ce qui est facile en soulevant le cadre. Le savon est alors divisé dans les formes et les poids voulus. Lorsqu'il doit être vendu en barres, on y applique une marque de fabrique; s'il doit être frappé, on expose pendant quelques heures les morceaux à l'étuve, car ce n'est que lorsque leur surface est sèche qu'on peut les passer dans les moules. Enfin, sauf la différence ou les proportions relatives des matières grasses, des parfums et des principes colorants, tous ces savons se préparent par la méthode générale que nous venons de décrire. Nous donnerons pour terminer quelques-uns des mélanges les plus employés dans cette fabrication.

1° *Savon blanc à l'huile de coco.*

Huile de coco..	66
Lessive de cristaux de soude à 36°.	34
Total.	100 kil

2° *Savon Windsor.*

On obtient une qualité très-belle de ce savon en employant :

Axonge.	50
Huile de coco.	16
Lessive de cristaux de soude à 36°,	34
Total.	100 kil.

Voici encore quelques mélanges qui peuvent être employés à la préparation des savons façon Windsor :

3° Suif.	30
Axonge . , ...	12
Huile de coco.	16
Lessive de cristaux de soude à 36°.	52
Total.	100 kil.
4° Suif.	40
Axonge.	4
Lessive de cristaux de soude à 36°.	52
Total.	100 kil.

Ces deux dernières formules donnent des savons très-fermes et d'une pâte fine et bien liée. Cependant, comme la proportion des acides gras concrets y est considérable, leur solubilité est moindre que celle des savons qui résultent des deux premières formules ou mélanges. Ils sont néanmoins fort recherchés pour la barbe parce qu'ils fournissent une mousse persistante. Tous ces savons se préparent, d'ailleurs, d'après la méthode générale décrite ci-dessus. On peut leur donner un parfum très-agréable en y ajoutant par 100 kilogrammes :

Essence de citron.	200
« de verveine.	100
« de géranium.. . . .	100
« de bergamotte. . .	100
« de lavande.	100
« de thym.	200
Total.	800 grammes.

Ce parfum, comme toujours, s'ajoute dans les graisses fondues au commencement de l'opération.

Pour obtenir des savons roses, on ajoute ordinairement au mélange des corps gras fondus 8 à 10 grammes de beau vermillon par kilogramme. Quelquefois on remplace le vermillon par une très-faible proportion d'aniline rose qu'on délaye dans un peu d'alcool. Cette

matière colorante donne une nuance plus agréable et plus pure que le vermillon, mais elle manque de fixité.

5° *Savon jaune.*

Pour obtenir la première qualité de ce savon, on prend :

Suif purifié.	30
Huile de palme naturelle.	20
Idem de coco.	16
Lessive de cristaux de soude à 36°.	34
Total.	100 kil.

Pour soutenir la couleur, on ajoute dans les matières grasses fondues 200 grammes de gomme-gutte en poudre impalpable. On peut parfumer ce savon avec :

Essence de lavande..	300
« de menthe..	200
« d'aspic..	100
« de mirbane blanche.	100
Total.	800 grammes.

A ces différentes formules, on ajoute ordinairement quelques centaines de grammes de gomme adragante, que l'on fait tremper à l'avance dans 1 litre d'eau. Cette addition a pour objet de faciliter la combinaison des matières grasses avec la lessive, ce qui est parfois utile.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur ce mode de fabrication, car ce que nous venons d'en dire suffit à en faire connaître l'économie. Aujourd'hui, beaucoup de savonniers-parfumeurs l'ont adopté et en obtiennent des produits qui ne sont pas sans mérite. Il n'est pas, d'ailleurs, inutile de rappeler que les résultats de cette fabrication dépendent essentiellement du choix des matières grasses, qui doivent autant que possible être de première qualité et purifiées, s'il y a lieu, par plusieurs lavages à l'eau bouillante. On doit aussi apporter le plus grand soin dans la préparation de la lessive et n'employer à sa confection que les cristaux de carbonate de soude les plus purs et les plus blancs. Enfin, quoique la préparation de ces savons constitue une opération très-simple, il n'est pas inutile de dire que, même avec d'excellents matériaux, on pourrait éprouver de sérieux mécomptes si l'on ne possédait pas cet ensemble de connaissances techniques qui, dans les arts industriels, sont la première condition du succès. E. LORMÉ.

SCELLEMENT. On entend par scellement la réunion à demeure du bout d'une pièce de métal ou de bois, avec la pierre ou avec une partie de mur. Pour opérer cette réunion, on creuse dans la pierre ou dans le mur une cavité d'une certaine profondeur et plus large que la section de la pièce à sceller; puis, après y avoir logé la pièce, on remplit les intervalles libres au moyen de substances pouvant se liquéfier et acquérir ensuite une consistance plus ou moins dure.

Les substances que l'on emploie le plus ordinairement sont: le plâtre, le soufre, les mastics de fonte, le ciment romain et le plomb.

Le plâtre, gâché en pâte liquide, et le soufre fondu forment d'excellents scellements, car ils adhèrent plus ou moins fortement aux matières, et comme ils augmentent de volume en passant de l'état liquide à l'état solide, ils remplissent très-bien tous les vides et ne permettent aucun jeu à la pièce scellée.

Les ciments purs et les mastics de fonte font aussi de très-bons scellements, mais ils doivent être comprimés avant leur entière solidification.

Le plomb fondu éprouve un retrait en passant de l'état liquide à l'état solide; il doit donc être *matté* fortement pour remplir les vides et produire un scellement solide.

On peut aussi employer les mastics bitumeux qui sont très-adhérents et acquièrent une très-grande dureté tout en conservant une certaine élasticité.

De toutes ces substances, le plâtre seul s'altère à l'humidité; il ne doit donc être employé que dans les endroits secs.

Le plâtre et le ciment sont seuls employés pour sceller le bois, parce qu'ils sont plus économiques et d'un emploi plus facile.

Le plomb sert seul à sceller les pièces qui sont soumises à des chocs, car le plâtre, le soufre et les ciments s'égrènent par la percussion.

Lorsqu'on veut sceller une pièce dans un mur, il faut y faire une excavation beaucoup plus large que l'espace nécessaire pour loger la pièce, puis maçonner avec du plâtre ou du ciment, après avoir eu soin de mouiller tout l'intérieur de l'excavation pour que les ouvrages anciens et nouveaux se relient.

Les métaux que l'on a ordinairement à sceller sont la fonte et le fer. S'il s'agit de fonte, la partie à sceller doit avoir la forme d'un tronc de pyramide, et autant que possible on y ménage quelques aspérités ou saillies; s'il s'agit de fer, le bout de scellement doit être non-seulement refoulé pour être renflé un peu vers sa base, mais encore on doit y faire des *barbelures*, ou entailles sur les angles, dont les ouvertures soient tournées vers l'orifice du trou de scellement.

L'excavation à faire dans la pierre doit également avoir une forme pyramidale, excepté la partie supérieure qui doit être cylindrique. Quant à sa profondeur, elle dépend de la qualité de la pierre et des efforts que doit supporter le scellement; dans les pierres dures, elle varie de 8 à 9 centimètres, et dans les demi-dures, de 10 à 15 centimètres.

Pour faire les scellements en plâtre, on remplit simplement l'excavation jusqu'à fleur de la pierre; mais s'il s'agit d'un scellement en plomb, on entoure l'excavation d'un petit bourrelet en terre de 1 à 2 centimètres, et on coule le plomb jusqu'à hauteur de ce bourrelet; dès que le métal est solidifié, on le mate fortement pour faire entrer dans le trou la plus grande partie possible de l'excédant. CURTEL.

SCIE (*angl.* saw, *all.* sæge). La scie est un instrument bien connu sur lequel nous n'aurons ici guères à parler qu'au point de vue du mode d'opérer de la lame d'acier qui la constitue essentiellement; du mouvement à lui imprimer pour les applications principales, les scieries mécaniques faisant l'objet d'un article séparé. Les lames de scie sont en acier laminé trempé très-dur, et portant sur l'un de leurs côtés des dents bien égales faites soit à la mécanique, soit à la main avec un tiers-point. L'action de ces dents sur la matière à travailler enlève à l'état de poussière, de sciure, une partie de celle-ci, en engendrant, de part et d'autre de l'objet fendu, une surface plane plus ou moins unie. La plupart des scies n'opèrent que dans un sens, aussi leur denture est généralement non symétrique. Les dents adoptées par les scieurs de long sont crochues et inclinées dans un sens; on les fait avec une lime ronde. Dans les scies à chantourner on adopte une denture symétrique en triangle équilatéral, et on les affûte en tenant le tiers-point perpendiculaire à la lame; elles scient en montant et en descendant. Les scies employées pour débiter le bois vert et le bois de chauffage ont également des dents en triangle équilatéral, mais on taille les côtés en biseau court. Pour le bois sec, l'ivoire, les métaux, la denture n'est pas symétrique, les dents sont en triangle rectangle couché sur la partie plane de la lame suivant le plus long des côtes de l'angle droit; elles sont affûtées en tenant le tiers-point perpendiculaire à la lame, et ne mordent que dans un sens. Les scies pour les pierres tendres et le placage ont une denture de même forme que les précédentes, à cela près que les dents sont espacées par des parties planes de la longueur de deux ou trois dents, et qui forment des vides servant à faciliter

SCIERIE MÉCANIQUE.

le dégagement de la sciure : elles sont animées d'un mouvement très rapide. Enfin certaines scies, pour les pierres dures, n'ont pas de dents.

Pour faciliter le dégagement de la sciure, on donne généralement de la *voie* aux scies, c'est-à-dire qu'on en incline plus ou moins les dents alternativement d'un côté et de l'autre du plan de la lame. Dans quelques scies à main, au lieu de donner de la voie aux dents, on produit un effet analogue en employant pour la confection des bandes d'acier dont l'épaisseur va en diminuant des dents au dos de la lame. Les scies à bois ont moyennement de 2 à 3 dents au centimètre courant, les scies à cuivre 3 1/2 à 4 dents, et les scies à fonte et fer 5 dents.

Certaines scies à lames courtes et épaisses s'emmanchent comme des limes. Les autres scies se montent par leurs extrémités dans un châssis de forme variable, mais toujours disposé de telle sorte que l'on puisse faire varier à volonté la tension de la lame et l'empêcher de plier. Dans les scies à chantourner, les lames sont fixées à des pièces cylindriques qui peuvent tourner parallèlement à l'axe des lames, dans des manchons annulaires qui font partie des châssis ; cette disposition permet de faire tourner la lame sur elle-même, et de lui faire suivre des courbes quelconques. Nous terminerons en observant que les bonnes lames de scie doivent être parfaitement élastiques et sonores ; on doit avoir soin, avant de les emmancher, de les détremper aux deux bouts, en les faisant recuire, parce qu'elles sont sujettes à se rompre à l'endroit où elles cessent d'être pincées dans les montants.

Nous ne parlerons pas ici des scies à plusieurs lames et des scies circulaires, qui appartiennent essentiellement à la scierie mécanique.

SCIERIE MÉCANIQUE. L'emploi de machines pour scier et débiter les bois s'étend de plus en plus depuis quelques années ; les perfectionnements continuellement apportés dans leur construction ont permis de les appliquer avec succès à la fabrication des ouvrages les plus difficiles : les moulures, les parquets, les roues de voiture, les tonneaux, les poulies, etc., s'exécutent maintenant, au moyen de machines, avec une précision et un fini vraiment admirables. Les moteurs inanimés tendent, en un mot, à se substituer presque entièrement au travail manuel pour éviter aux hommes la plus grande partie des pénibles efforts qu'exigeait autrefois la mise en œuvre des matières dures. L'emploi de *scies* de différentes formes aura puissamment concouru à ce résultat, et l'on peut même dire, en général, que le travail mécanique des bois est d'autant plus perfectionné qu'il exige moins souvent l'emploi des autres instruments.

Nous ne décrirons ici que les scieries proprement dites, indépendamment du moteur qui les met en mouvement, et sans entrer dans les détails relatifs à leur application à des ouvrages particuliers, comme la fabrication des tonneaux, etc.

Les scieries sont mises en mouvement par des chutes d'eau, des machines à vapeur, ou par le vent. Ce dernier moteur est employé à cet usage, en Hollande, de temps immémorial. Nous partagerons ces machines en deux grandes classes : les scieries à mouvement alternatif, dans lesquelles le mouvement de la scie est plus ou moins analogue à celui que les ouvriers impriment ordinairement à cet instrument, et les scieries à mouvement continu, comprenant les scies circulaires, dont l'usage se répand de plus en plus, et quelques autres dispositions rarement employées. La première classe étant jusqu'à présent la plus importante, nous devons en parler avant de nous occuper de la seconde

§ I. *Scieries à mouvement alternatif.* Il existe en Suisse, dans quelques parties de la France, et en général dans les pays où il y a des forêts et de nombreux cours d'eau, des scieries mécaniques d'une construction très simple, et qui montrent à la fois les premiers efforts de l'art et les perfectionnements réalisés dans nos scieries bien montées. Les scieries dont nous parlons se composent simplement d'une roue hydraulique construite aussi grossièrement que possible, tournant avec une grande vitesse, et qui met en mouvement un arbre coudé réuni par une bielle à l'une des extrémités d'un balancier, dont l'autre extrémité supporte, au moyen d'une seconde bielle, le châssis de la scie, guidé dans son mouvement vertical de *va-et-vient* par des coulisses en bois. La pièce de bois à débiter est fixée sur un chariot qui roule sur deux poutres horizontales et qui s'avance d'une certaine quantité, à chaque coup de scie, par l'action d'une crémaillère, ou même d'une corde, qui s'enroule sur un treuil commandé par une roue à rochet, conduite elle-même par un doigt ou *cliquet* qui est mû par le châssis de la scie ou le balancier qui la met en mouvement. Nous ne donnons pas le dessin de ces scies peu perfectionnées, parce que leur disposition doit varier avec les localités où elles sont établies, et que d'ailleurs les détails dans lesquels nous allons entrer sur les machines plus parfaites feront facilement comprendre, à ceux qui auraient des machines provisoires à établir auprès des forêts, les dispositions à adopter pour exécuter, presque sans frais, un mécanisme simple et fonctionnant cependant assez convenablement.

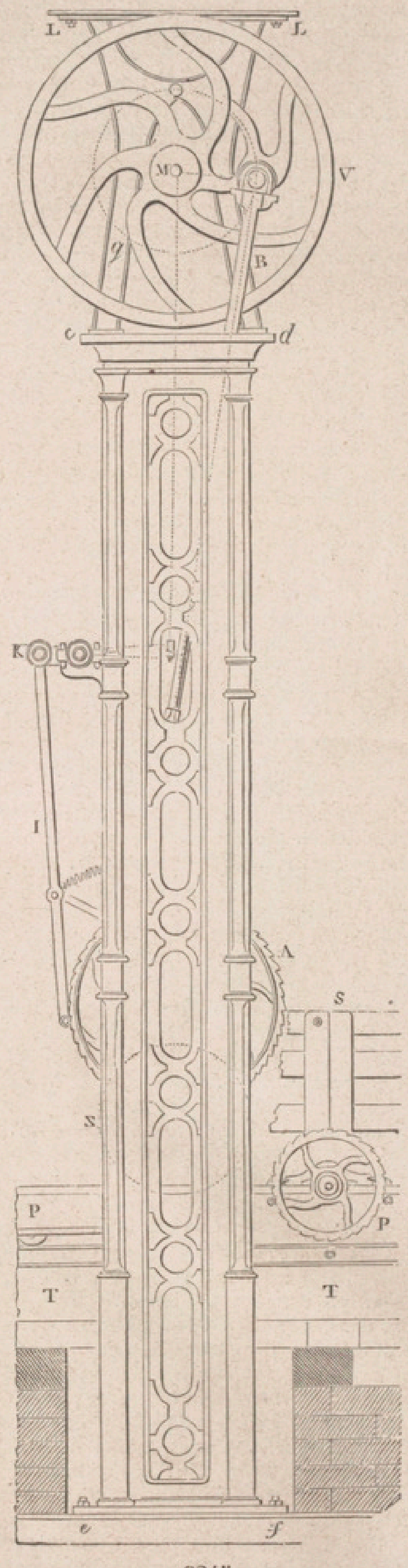
Les lames des anciennes scieries étaient toujours mises en mouvement, comme nous venons de l'indiquer, par l'intermédiaire d'un balancier oscillant autour d'une position horizontale. Cette disposition occupait beaucoup de place, et présentait d'ailleurs quelques autres inconvénients qui l'ont fait complétement abandonner. Dans les scieries que l'on établit maintenant, le châssis porte-lame est mis en mouvement par une ou deux bielles fixées directement aux boutons de manivelle de l'arbre moteur. Nous allons décrire cette dernière disposition en prenant pour exemple une scierie à débiter les bois en grume, établie par M. E. Philippe, qui s'occupe depuis longtemps, et avec succès, du travail des bois à la mécanique.

La machine est représentée de côté par la fig. 2245, et de face par la fig. 2246. Les mêmes lettres sont d'ailleurs affectées aux mêmes pièces dans ces deux dessins. Le cadre de la scie, formé de quatre pièces de bois assemblées, est soutenu dans son mouvement vertical alternatif par quatre coulisseaux en fonte ou en bronze, fixés aux extrémités des traverses horizontales *aa'* et *bb'*, qui glissent dans des rainures formées de pièces de bois très dur, boulonnées le long du bâti en fonte, *c d e f*. Des vis calantes, convenablement disposées, permettent de régler l'écartement de ces pièces de bois de manière que le mouvement du châssis soit toujours facile, et ne présente cependant aucun jeu. Les bâtis en fonte, *c*, *d*, *f*, sont fixés à leur partie inférieure sur un massif de maçonnerie, et réunis à leur partie supérieure par une corniche qui supporte deux pièces de fonte *g*, *h*, dans lesquelles sont encastrés les coussinets de l'arbre moteur. La grande hauteur du bâti dont nous venons de parler rend nécessaire un point d'appui L, à la partie supérieure de la machine.

L'arbre moteur M porte une poulie fixe N, qui lui transmet le mouvement, et une poulie folle N', qui reçoit la courroie motrice pendant les moments d'arrêt. Les volants V, fixés aux deux extrémités de cet arbre, portent des boutons de manivelle sur lesquels sont fixées les bielles B, qui, réunies au châssis de la scie par leur autre extrémité, lui transmettent le mouvement de *va-et-vient* dont il doit être animé.

L'arbre à débiter est fixé sur un chariot P P S, porté sur des poulies et des galets qui roulent sur deux rails en fonte parfaitement dressés, et solidement éta-

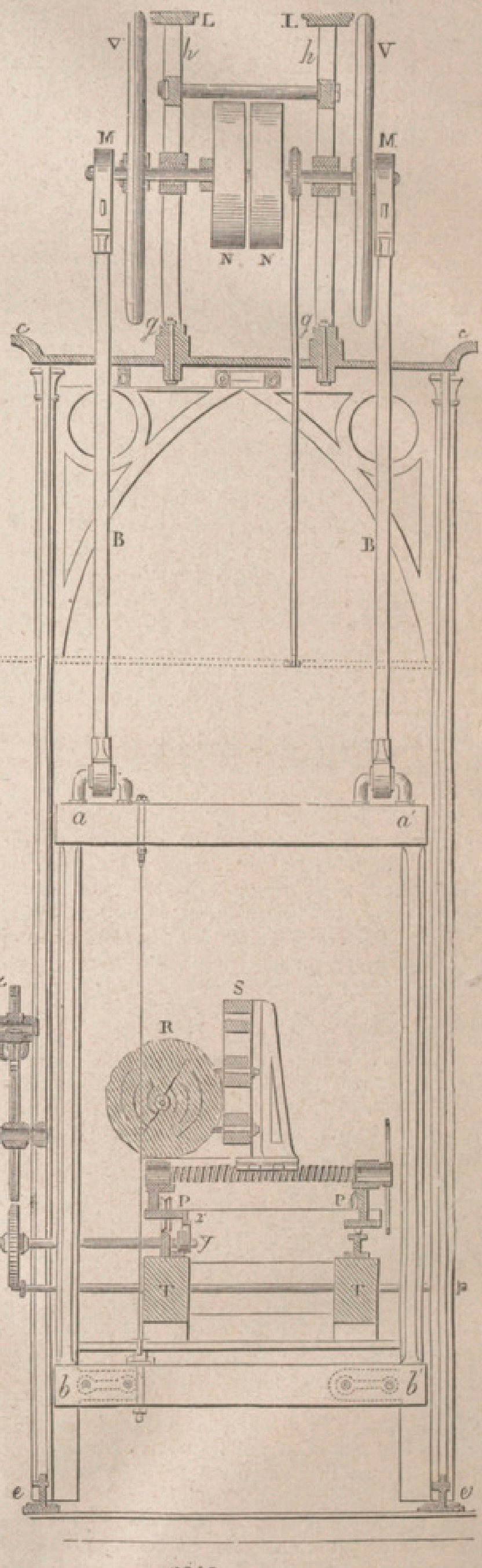
blis sur des pièces de bois T, T, qui reposent sur des massifs en maçonnerie. Ce chariot, représenté en élévation, à une plus grande échelle, par la fig. 2247, est



2245.

une des parties les plus importantes de la machine. Nous devons décrire avec soin sa construction et les différents mouvements qu'il est nécessaire de lui impri

mer. Il est formé de deux pièces de fonte de 7 à 8 mètres de longueur P, P, ayant la forme d'un double T, et solidement réunies par des traverses boulonnées. La

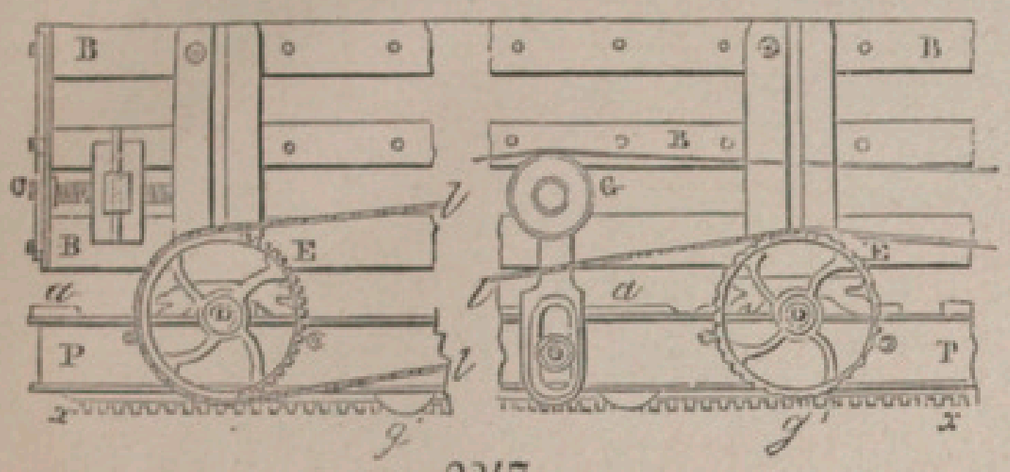


2246.

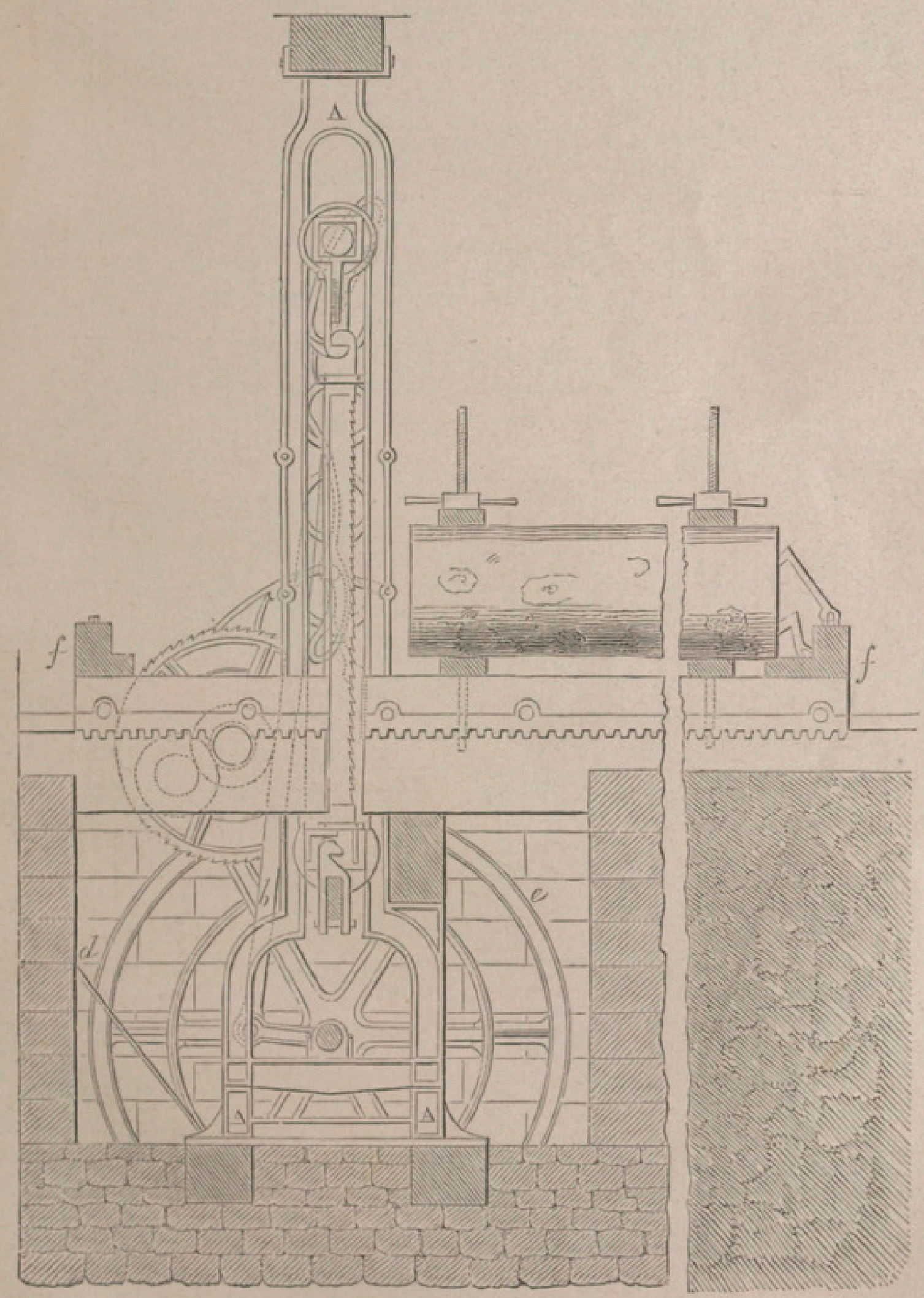
pièce de bois R est placée sur des traverses a, fixées sur ces pièces de fonte. Les galets g, fixés de place en place à la traverse de gauche, ont une gorge et embras-

SCIERIE MECANIQUE.

sent le rail (fig. 2246) sur lequel ils roulent, afin d'assurer le parallélisme du mouvement de translation, dont nous parlerons plus loin. Les galets *g*, fixés de l'autre côté, sont au contraire à surface unie. Trois poupées en fonte



2247.



2248

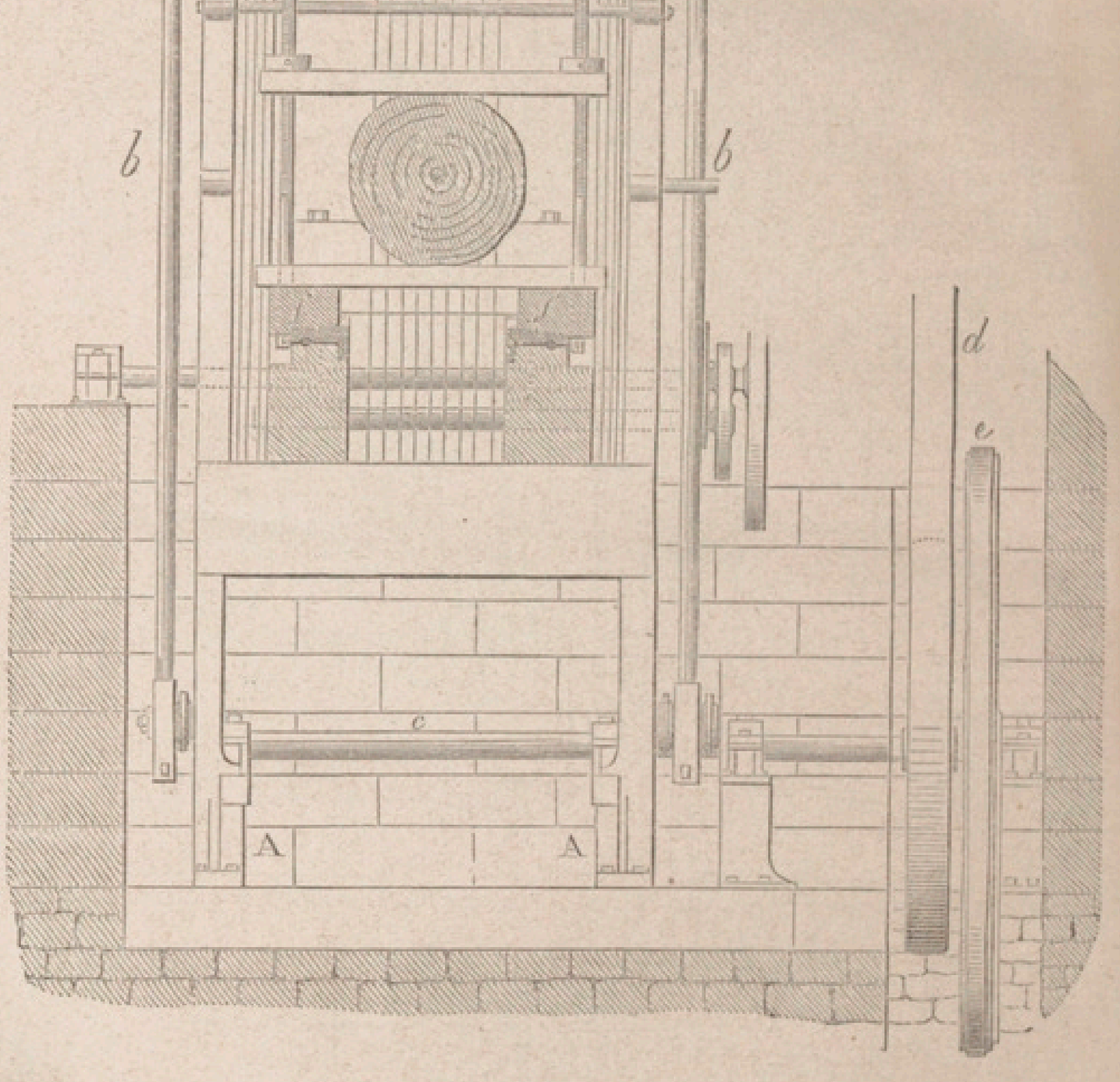
S, réunies par des madriers en bois B, percés de trous à travers lesquels passent les tire-fonds *d*, qui fixent la pièce à débiter, sont établies sur le chariot dont nous venons de parler. Ces poupées servent à faire avancer transversalement la pièce de bois, quand le chariot a été ramené à sa position initiale, pour que la scie puisse découper une nouvelle tranche. Ce mouvement transversal est produit par des vis D, engagées dans des écrous H (fig. 2246), fixés aux poupées. Des roues dentées E, sur lesquelles passe une chaîne sans fin *l*, *l*, forment les têtes des vis D, et rendent solidaires leurs mouvements de rotation ; de sorte que les trois poupées avancent toutes à la fois de la même quantité. Le rouleau G sert à donner à la chaîne *l*, *l*, une tension convenable. Les poupées portent des oreilles dans lesquelles s'engagent des règles en fonte fixées sur le chariot, et qui assurent d'une manière convenable le parallélisme du mouvement que les vis leur impriment. Enfin les poupées extrêmes portent en U une griffe qui sert, comme les tire fonds *d*, à assujettir la pièce à débiter.

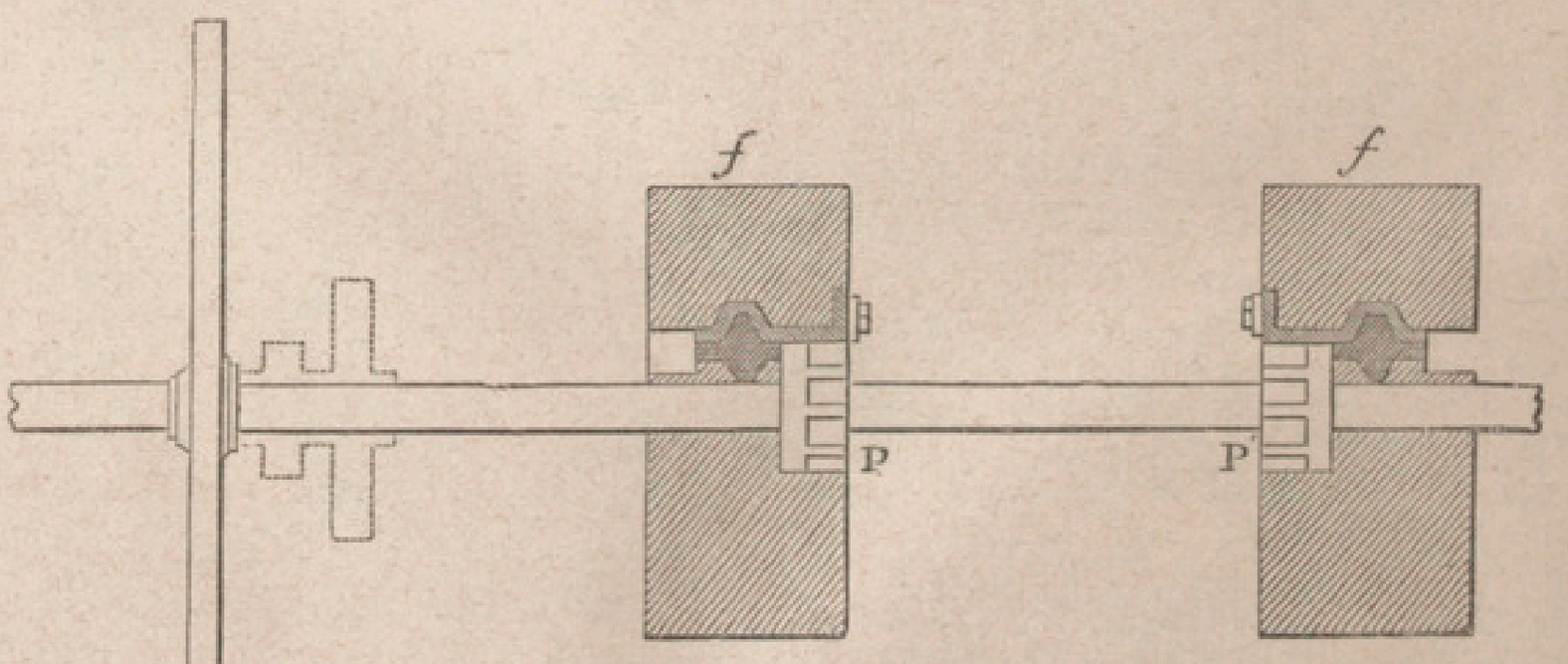
La pièce de bois et le chariot qui la supporte doivent s'avancer d'une certaine quantité à chaque coup de scie. Ce mouvement de translation est produit par le mécanisme que nous allons décrire. Une crémaillère *x* (fig. 2246 et 2247), boulonnée sur le côté gauche du chariot, est commandée (fig. 2244 et 2245) par un pignon *y*, monté sur le même arbre que la roue *z*, qui engrène avec une autre roue Z', conduite elle-même par la roue Z'', montée sur l'arbre de la grande roue à rochet A. Cette dernière roue est mise en mouvement par la fourchette I, suspendue à l'extrémité du petit levier K, dont l'autre extrémité reçoit un mouvement de *va-et-vient* de la tige *o*, ajustée avec l'excentrique *n*, fixé sur l'arbre moteur. Le levier K est percé de plusieurs trous qui permettent de changer le point d'attache de la tige *o*, et par conséquent de faire varier l'amplitude des oscillations de la fourchette I, et par suite, enfin, la quantité dont le chariot s'avance à chaque coup de scie. Un ressort à boudin, que l'on aperçoit sur la fig. 2244, maintient le doigt I constamment appliqué sur la roue à rochet. On peut cependant interrompre le mouvement du chariot en éloignant le doigt I au moyen

d'une tige attachée à côté du ressort, et terminée par une poignée placée à la disposition de l'ouvrier. Quand le chariot est arrivé à l'extrémité de sa course, on écarte le doigt I, comme nous venons de le dire, et on imprime à la roue A, au moyen de la manivelle W, un mouvement rapide de rotation, en sens contraire de celui qu'elle recevait du doigt I, et on ramène ainsi le chariot à sa position initiale.

La disposition que nous venons de décrire exige une grande hauteur et un point d'appui à la partie supérieure du mécanisme. Il est donc presque toujours préférable de placer l'arbre moteur au-dessous du châssis de la scie, comme l'indiquent les fig. 2248 et 2249. La traverse supérieure *a a'* du châssis de la scie doit alors dépasser le bâti en fonte A, qui lui sert de guide, et venir s'ajuster avec les bielles *b*, *b*, fixées, d'autre part, sur les coudes de l'arbre moteur *c*, qui reçoit le mouvement au moyen de la courroie *d*, et qui porte en outre un volant en fonte *e*. La scierie qui nous occupe maintenant est à plusieurs lames qui agissent *entre* les longrines *f*, *f*, qui forment le chariot, et non plus en dehors d'elles, comme dans la machine précédente. Les deux pièces longitudinales *f*, *f*, sont en bois, et ne peuvent plus être reliées que par deux traverses placées à leurs extrémités, puisque la scie doit passer librement

2249.



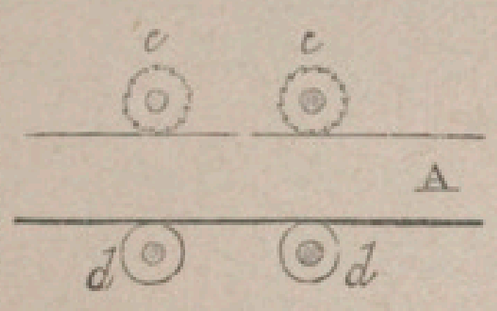


2250.

dans toute la longueur du chariot. On est alors obligé de transmettre à l'une et à l'autre un même mouvement de translation, ce qui s'obtient facilement, comme le montre la fig. 2250, en garnissant chacune d'elles d'une crémaillère que l'on met en mouvement par des pignons P, P', montés sur un même arbre. Ces pignons sont d'ailleurs conduits, comme dans le cas précédent, par l'action d'une fourchette agissant sur une roue à rochet. Nous avons supprimé cette partie du mécanisme sur la fig. 2250, pour éviter de la compliquer sans utilité.

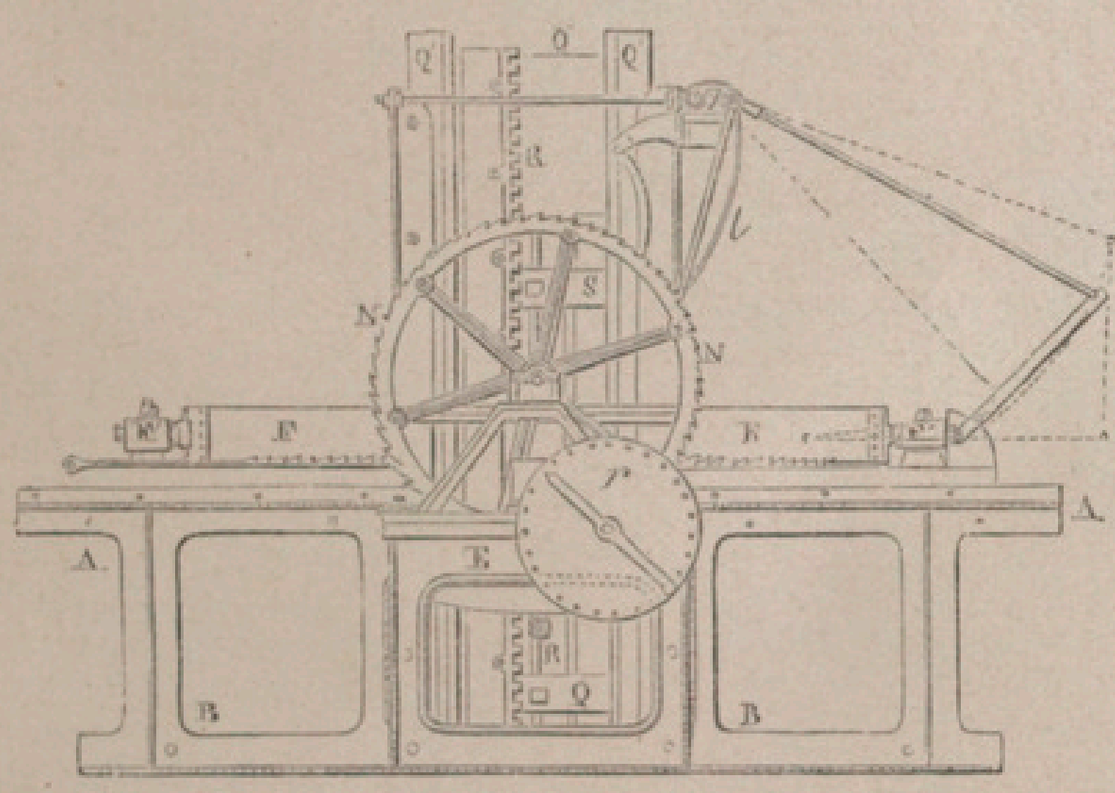
La pièce de bois à débiter est fixée sur le chariot par une méthode un peu différente de celle que nous avons fait connaître en parlant de la scierie précédente. L'inspection seule des figures suffit pour faire comprendre cette disposition.

L'une des pièces le plus importantes et les plus coûteuses des scieries qui viennent de nous occuper est le chariot qui porte les pièces de bois à débiter. Sa largeur est, du reste, assez limitée, ce qui empêche d'opérer sur des bois de toutes dimensions. On évite l'emploi de chariots quand il s'agit de réduire des madriers en planches, et en général quand on opère sur des bois déjà régulièrement équarris, au moyen d'un artifice particulier que nous allons expliquer. Le mouvement de translation est communiqué à la pièce de bois A (fig. 2251) au moyen de cylindres cannelés *c*, *c*, animés d'un mouvement lent de rotation, contre lesquels elle se trouve pressée au moyen de deux autres cylindres lisses *d*, *d*.



2251.

Scieries à placage. L'invention des machines à scier les bois de placage paraît due à M. Cochot. Cette industrie a pris depuis quelques années, à Paris, un grand développement, mais on comprend cependant que son importance est assez limitée. On emploie presque toujours des scieries à mouvement alternatif, mais disposées bien différemment de celles que nous avons examinées jusqu'à présent. La fig. 2252 représente l'élévation d'une machine de cette espèce. La scie F et son châssis F' sont horizontaux et maintenus, du reste, dans leur mouvement alternatif par des coulisses en bois fixées au bâti en fonte A, comme dans les autres scieries. Le mouvement en est transmis au moyen d'une bielle conduite par un arbre coudé. Nous n'avons pu, faute d'espace, représenter cette partie du mécanisme qui n'offre d'ailleurs rien de particulier. La pièce de bois à débiter Z, est portée par un chariot vertical *s z s''*, qui se meut de bas en haut pendant le travail de la scie. Ce chariot est mis en mouvement, comme de coutume, par une crémaillère R, avec laquelle engrène un pignon N'', conduit par une roue à rochet N, mise en mouvement par une fourchette *l''*, qui communique avec le châssis même de la scie par une série de tiges et de leviers dont la figure 2252 indique suffisamment le jeu. Le mouvement transversal du chariot doit être réglé avec une grande précision à cause de la faible épaisseur et de la régularité que doivent présenter les feuilles de placage. On le produit au moyen d'une vis de rappel *r*, fixée dans le bâti en fonte C D, et qui conduit, au moyen de l'écrou P, le chariot auquel est fixée la pièce Z. La vis R' arrête invariablement, dans la position qu'elle doit occuper, cette partie mobile de la machine, et rend impossible son dérangement pendant le travail. L'aiguille *r'*, fixée sur la tête de la vis motrice *r* et le cadran *r''* permettent d'obtenir, sans aucun tâtonnement, l'épaisseur voulue pour chaque genre de travail.

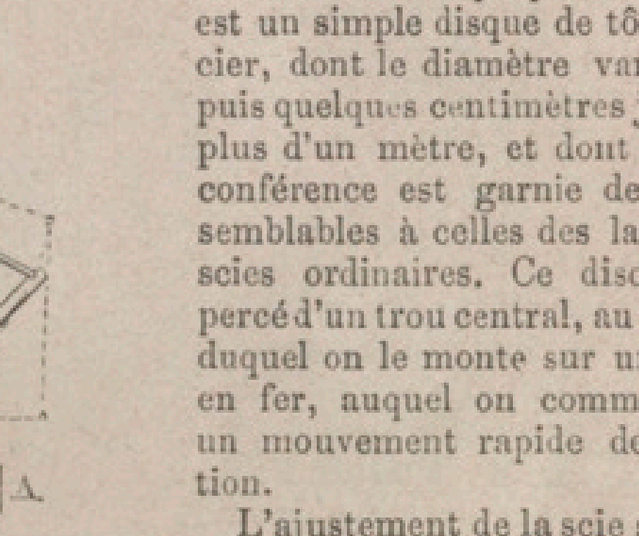


2252.

Scieries pour les jantes de roues. Dans les fabriques de roues de voitures, on découpe dans les plateaux de bois les portions de jantes au moyen de scies à mouvement alternatif, qui rentrent dans la classe des machines qui nous occupent. La pièce de bois est alors fixée non plus sur un chariot animé d'un mouvement rectiligne, mais sur une plate-forme d'un diamètre égal à celui de la roue à fabriquer, et tournant autour de son centre. Nous ne donnons point le dessin de cette espèce de scierie, qui n'est, en définitive, qu'un outil d'une industrie particulière, le charronnage mécanique.

§ II. *Scieries à mouvement continu. Scies circulaires.* On attribue à notre compatriote, M. Brunel, l'invention de cette espèce de scie, dont les applications se multiplient chaque jour dans une foule d'industries. La scie circulaire proprement dite est un simple disque de tôle d'acier, dont le diamètre varie depuis quelques centimètres jusqu'à plus d'un mètre, et dont la circonférence est garnie de dents semblables à celles des lames de scies ordinaires. Ce disque est percé d'un trou central, au moyen duquel on le monte sur un arbre en fer, auquel on communique un mouvement rapide de rotation.

L'ajustement de la scie sur son arbre est très simple, mais il exige une assez grande précision pour que l'instrument donne de bons résultats. Quand il s'agit d'une scie d'un faible diamètre, on se contente de ménager sur l'arbre *m* (fig. 2253) une forte portée *o*, soigneusement tournée, contre laquelle vient s'appuyer la

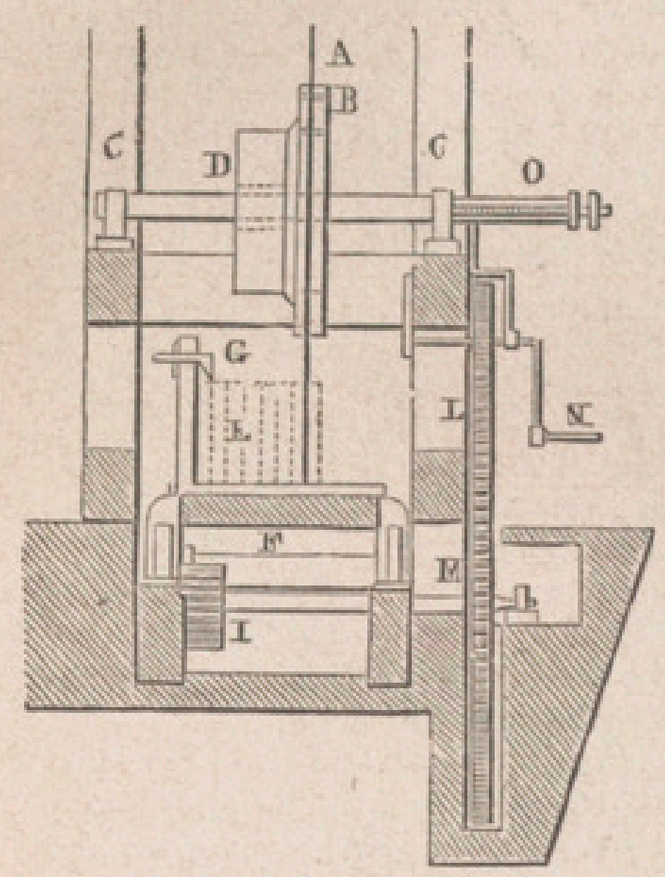


2253.

lame de scie *n*, que l'on assujettit fortement au moyen du double écrou *q*, *p*. L'arbre porte d'ailleurs à ses extré-

mités deux trous coniques bien centrés, où s'engagent les pointes sur lesquelles tourne le système. Les scies d'un plus grand diamètre s'appuient également contre une embase montée sur l'arbre, et contre laquelle on les fixe au moyen de vis à têtes fraisées. On place un second disque de l'autre côté de la lame, et on le boulonne avec le premier, comme on le voit en B sur les figures 2253 et 2254. L'arbre de la scie porte d'ailleurs une poulie à gorge, ou à surface unie, pour recevoir la corde, ou la courroie sans fin, qui doit le mettre en mouvement.

2254.

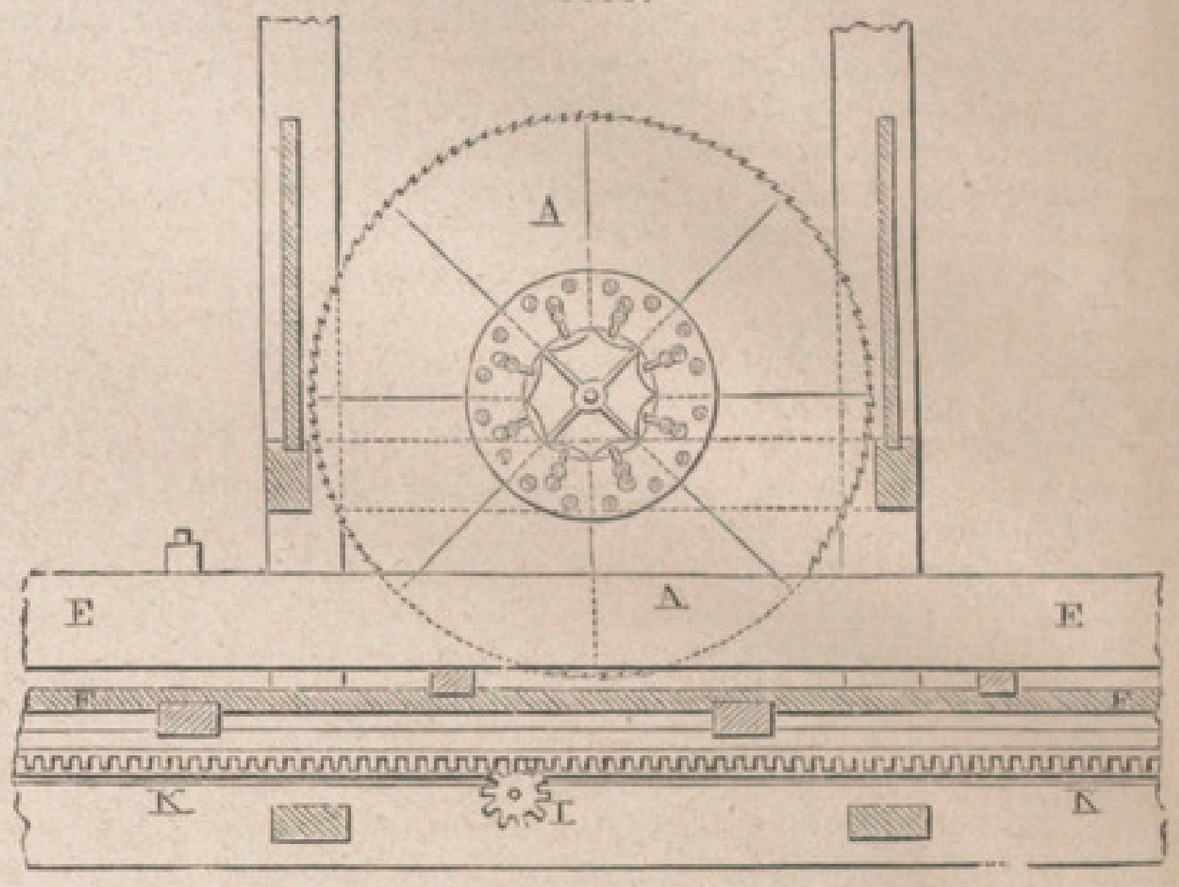


Les figures 2253 et 2254 indiquent l'une des dispositions que l'on peut adopter pour une scierie circulaire de forte dimension. La lame de scie A est fixée sur un arbre en fer qui tourne dans des coussinets C, et qui reçoit son mouvement d'une courroie qui s'enroule sur la poulie D. Le madrier à refendre E, est porté sur un chariot F, qui avance, par l'action du pignon I, sur la crémaillère K. Quand le chariot est arrivé à l'extrémité de sa course, on le ramène à sa position primitive au moyen des roues dentées L et M, et de la manivelle N qui agit sur la première. La vis de rappel O permet en même temps de faire arriver la scie dans un plan parallèle à celui qu'elle occupait, afin de découper une seconde planche. On pourrait également laisser toujours la scie dans la même position, et rendre la pièce de bois mobile sur le chariot, comme on le fait dans la première scierie dont nous avons donné la description.

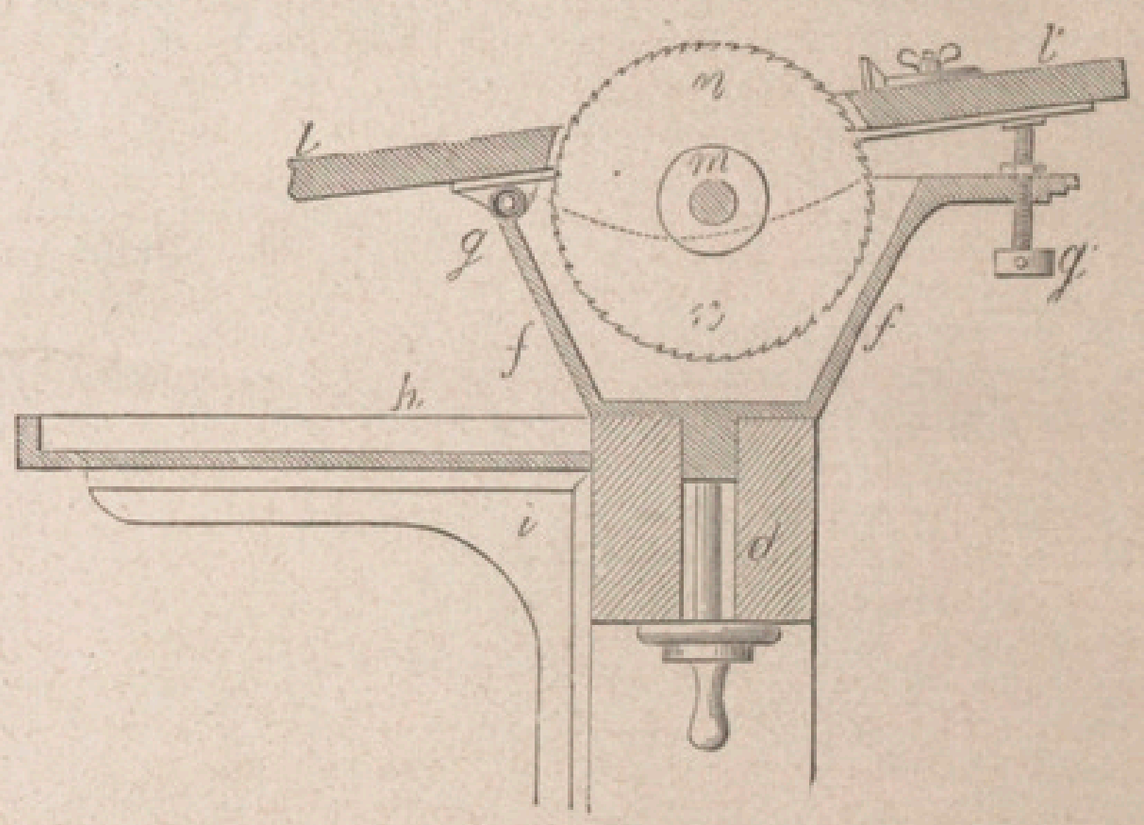
La pièce de bois à débiter est portée, dans la scierie dont nous venons de parler, sur un chariot mobile. Nous devons dire qu'en général on n'emploie pas cette disposition pour les scies circulaires : le bois est presque toujours conduit par un système de cylindres comme ceux dont la figure 2251 représente la disposition.

La lame des scies circulaires, toujours animée d'une grande vitesse et ayant souvent à vaincre des résistances considérables, tend sans cesse à se gauchir, et se-

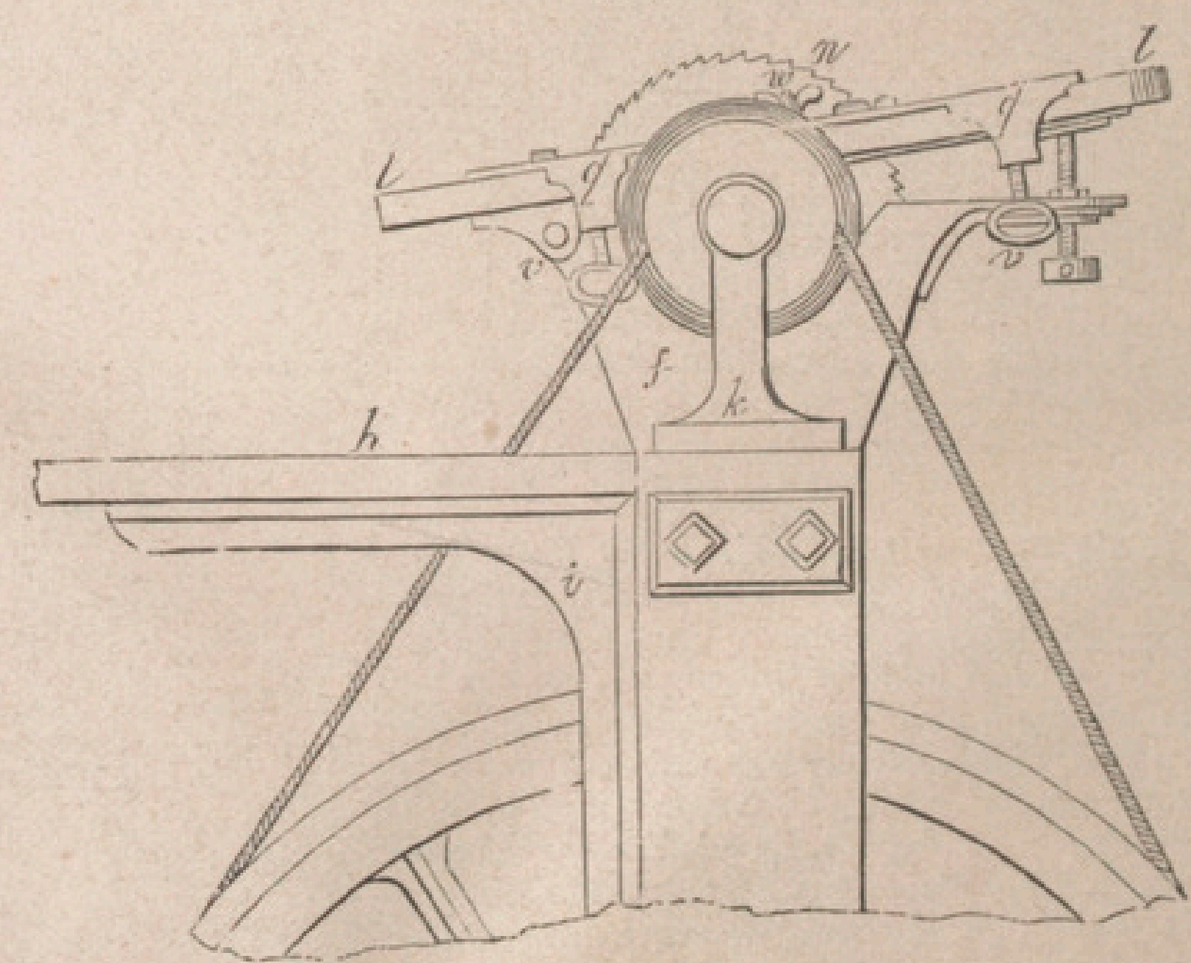
2255.



2256.



2257.



rait bientôt hors de service sans une précaution sur laquelle nous devons appeler l'attention d'une manière toute particulière. Cette précaution consiste à disposer de chaque côté de la lame, et près du point où elle entre dans le bois qu'elle débite, un guide en corne ou en bois très dur. On règle, au moyen de vis, la position de ces guides de manière à ce qu'ils exercent toujours sur la lame une légère pression qui ne lui permette pas de s'écarter du plan vertical dans lequel elle doit tourner.

On dispose souvent sur les poupées d'un tour à pointes ordinaires une petite scie circulaire mise en mouvement par une roue à pied. Cet instrument est on ne peut plus commode pour refendre des planches de métal sur une largeur régulière, à l'aide d'un chariot qui sert à guider, et pour une foule d'autres ouvrages. La scie *n* (fig. 2256) est montée sur un arbre en fer comme celui de la fig. 2254. La poulie à plusieurs gorges *r* reçoit la corde sans fin qui s'enroule sur la roue à pied dont nous n'avons montré qu'une partie parce qu'elle ne diffère en rien des roues des tours ordinaires. La poupée en fonte creuse *f*, dont la fig. 2257 montre complétement la disposition, supporte la tablette *ll'* dont on peut faire varier l'inclinaison au moyen des vis *v* et *g* et au milieu de laquelle passe la scie circulaire. On pose sur cette tablette les pièces à débiter et on les pousse, avec la main, au-devant de la scie. La table *h*, supportée par la console *i*, sert à déposer les bois ou les outils dont on fait usage.

L'une des applications les plus remarquables de la scie circulaire est son emploi dans la fabrication des rails. Quoique cette machine sorte un peu du cadre que nous nous sommes tracé dans cet article, nous croyons devoir donner sur son compte quelques renseignements encore peu connus. La lame de la scie établie au Creusot (Saône-et-Loire) est en *tôle de fer* bien battue, elle a $1^m,00$ de diamètre et $0^m,00275$ d'épaisseur. Les dents ont $0^m,02$ de longueur et $0^m,009$ de saillie. Elle fait huit cent cinquante tours environ par minute. Cet appareil est mis en mouvement par une petite machine à vapeur spéciale de la force de cinq chevaux. Le volant de cette machine est entouré d'une courroie sans fin qui met en mouvement une poulie sur l'arbre de laquelle est un autre volant qui transmet à son tour le mouvement à la scie au moyen d'une seconde courroie. La partie inférieure de la scie plonge dans un vase constamment rempli d'eau. Le rail, préalablement chauffé au rouge, est placé sur une espèce de cadre qui le pousse vers la scie au moyen d'une vis. Cette machine, servie par neuf hommes, peut couper trois cents rails par jour, c'est-à-dire effectuer six cents coupures.

Nous pourrions encore parler ici de différentes scies à mouvement continu formées de lames de ressort dentées et roulant sur deux cylindres, ou bien composées de lames ordinaires ajustées comme les différents anneaux d'une chaîne de Vaucanson. Mais le peu de succès de ces différentes inventions et leur application à des travaux spéciaux, rend inutile leur description. Elles n'ont jusqu'à présent produit que de mauvais résultats.

Conditions d'un bon travail. Pour scier vite et bien des bois tendres avec une scie alternative, il faut la réunion de plusieurs conditions : que la scie ait des dents éloignées et façonnées en crochet ; que la lame soit très-tendue ; que le bois arrive pendant que la lame remonte, afin qu'il soit scié durant le temps du repos du chariot qui le fait avancer. Mais comment faire avancer le bois pendant que la lame remonte, sans que les dents inclinées de haut en bas travaillent à contre-sens? En voici le moyen : la possibilité de progression du bois pendant que la scie remonte s'obtient en donnant de l'inclinaison à la scie par rapport au plan dans lequel se meut le bâti qui la porte ; pour cela on doit établir entre le plan des dents et celui de la coulisse du bâti un angle de quelques degrés, et précisément celui qui correspond à la quantité dont on désire que le bois soit divisé par la lame à chaque descente ; la scie pratiquant en descendant une coupe oblique dans le bois, les dents, à la remonte, s'éloigneront du fond de la coupe de toute la quantité dont elles viennent de pénétrer à la descente ; c'est de ce temps d'éloignement que l'on doit profiter pour faire avancer le bois.

L'insuffisance du sciage opéré par les scies alternatives mal montées, dont les dents frottent contre le bois presque autant à la remonte qu'à la descente, qui ne coupent même qu'avec la moitié ou le dernier tiers des dents de la lame par suite de tous les temps perdus des organes chargés de l'avancement du bois, est sans aucun doute, dit M. Séguier, la raison qui a fait préférer, en Angleterre, les scies tournantes à toutes les autres pour le débit en planches des madriers de sapin.

Un examen attentif, durant l'Exposition, de la manière d'agir des scies alternatives anglaises et autres, nous a démontré qu'elles ne sciaient pas, à chaque course, plus de 5 millimètres de bois dans des madriers de sapin de 25 à 30 centimètres de large, en donnant, au plus, cent quarante coups à la minute, tandis que dans le même temps les scies françaises bien montées progressent dans du bois de mêmes nature et largeur à raison de 15 à 18 millimètres avec des vitesses de deux cent quarante coups.

Scie à ruban. Les progrès de la fabrication de l'acier permettant d'obtenir facilement des lames de scie d'une grande longueur, c'est une combinaison qui se présente naturellement à l'esprit et qui, en effet, a été tentée plusieurs fois, que de réunir ensemble les extrémités d'une longue lame, et la faisant tourner sur deux poulies, d'obtenir une scie coutinue, en évitant ainsi les pertes de temps et de travail que cause le mouvement alternatif de la scie ordinaire. Plusieurs inventeurs ont, en effet, successivement attaqué la solution du problème ; mais bientôt dans la prat que ces appareils avaient été abandonnés.

Il n'en est pas de même de M. Périn, qui a résolu complétement le problème.

La rupture perpétuelle des lames était le grand obstacle au sujet des scies continues ; M. Périn, en employant des lames très-étroites, ce qui est avantageux pour l'exécution des moulures, évite les grandes différences de traction des bords opposés, et en même temps la soudure devient une opération plus facile et moins dispendieuse. Mais le progrès réalisé dépend beaucoup, croyons-nous, de la grande vitesse de la lame, à laquelle cet ingénieux constructeur fait parcourir 1,000 mètres par minute. Le mode d'action de la scie sur les fibres du bois n'est pas le même à une semblable vitesse qu'aux faibles vitesses ordinaires, et le choc des dents les tranche parfaitement sans produire de réactions nuisibles sur la lame. Pour obtenir une semblable vitesse, il faut que les deux poulies qui conduisent la scie soient exécutées et équilibrées avec le plus grand soin.

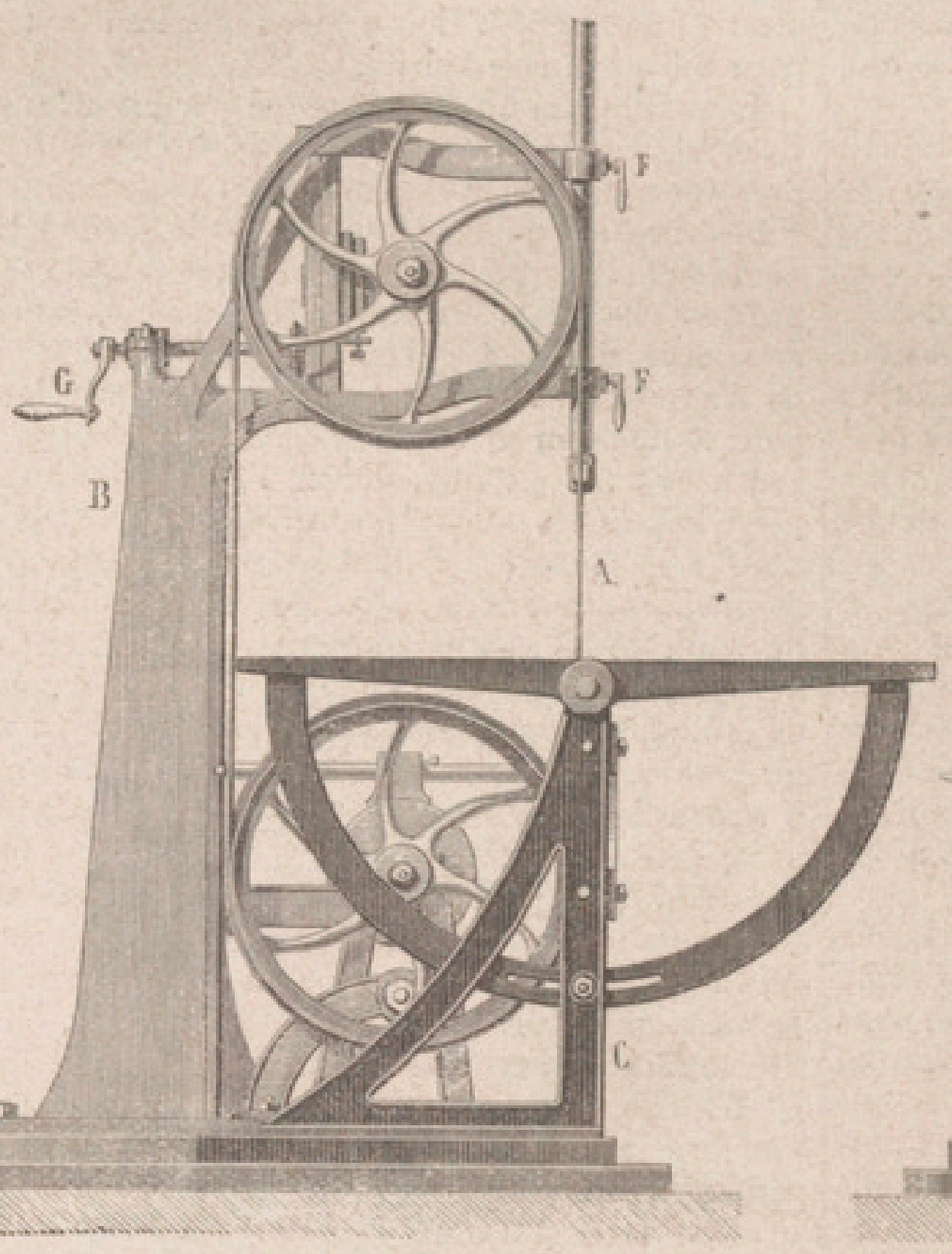
Enfin, au moyen d'un guide, il a su amortir les vibrations de la lame près de son entrée dans le bois, cause essentielle et fort importante de sa conservation. M. Périn les place le plus près possible du bois, à l'aide d'un porte-guide mobile, et la plate-forme sur laquelle on place le bois est elle-même mobile pour pouvoir le présenter toujours normalement à la denture de la scie. Les fig. 3715 et 3716 représentent l'ensemble des dispositions employées par l'ingénieux inventeur.

§ III. *Renseignements généraux.* — Nous nous sommes bornés jusqu'à présent à décrire le jeu des principales espèces de scies, et, pour éviter de nous répéter, nous ne sommes entrés, pour chacune d'elles, dans

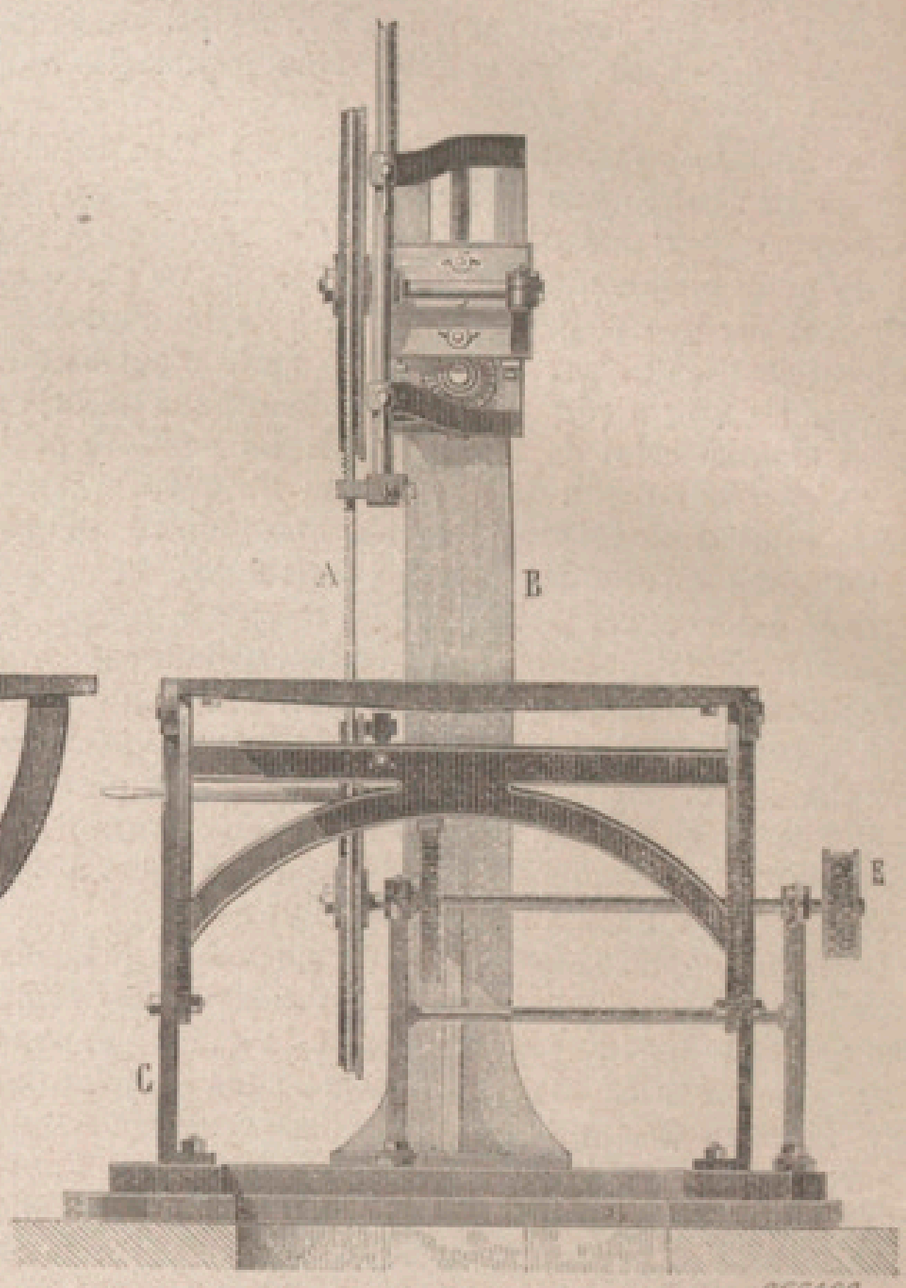
SCIERIE MÉCANIQUE.

aucun détail relatif à sa vitesse, à la force qu'elle consomme, à la forme des dents, etc. Nous allons maintenant revenir avec soin sur ces différentes questions de la plus haute importance pour celui qui doit établir ou diriger des machines de cette espèce.

Lame de scie. La forme des dents de la scie varie avec



3715.



3716

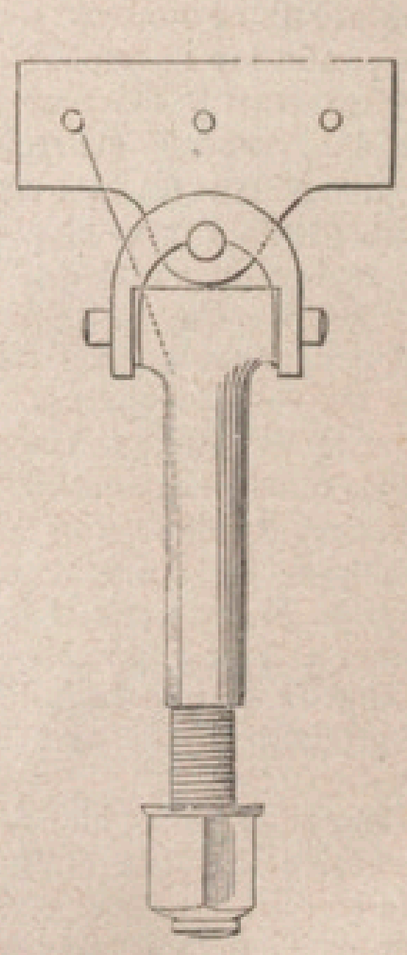
la nature du bois qu'elle doit débiter, avec la qualité de l'acier dont elle est formée, etc.

Il serait difficile de donner à cet égard des règles générales, et le mieux est de s'en rapporter à l'expérience d'un ouvrier intelligent. Nous dirons seulement que le volume de la sciure est à peu près quadruple de celui du bois dont elle provient. Cette considération donne une limite du rapport du vide au plein des dents pour un avancement donné de la scie à chaque coup, ou à chaque tour, s'il s'agit d'une scie circulaire : il faut en effet que la sciure, pendant un mouvement, puisse se loger entre les dents pour sortir dans l'instant suivant où la scie n'attaque plus le bois.

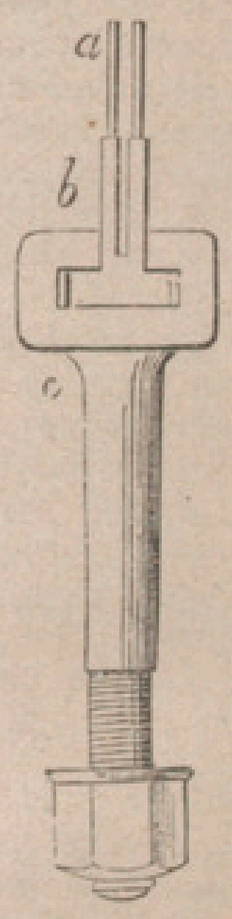
Le *chemin* donné à la scie, c'est-à-dire la quantité plus ou moins grande dont les dents sont déviées du plan de la lame, doit aussi varier avec la nature du bois et la beauté du travail. Il est en général d'autant moins fort que le bois est plus compacte.

La lame est souvent fixée dans le châssis par des méthodes analogues à celles employées par les scieurs de long, c'est-à-dire au moyen de brides en fer serrées par des coins. Il est plus convenable d'employer la disposition indiquée par la figure 2258, qui permet de donner à la scie la tension convenable au moyen d'un écrou, et dont la double articulation donne tout le jeu désirable. La figure 2259 montre sur ses deux faces l'espèce de pince qui fixe la scie à la traverse inférieure du châssis. La pièce *b* peut glisser un peu dans la rainure de la pièce *c*, dans laquelle elle se trouve engagée, ce qui permet d'incliner légèrement la ligne des dents de la scie sur le plan général du châssis.

Travail des scieries. Nous avons indiqué les différents mécanismes qui font avancer le bois à chaque coup de scie ; mais nous n'avons pas dit quelle doit être la vitesse de ce mouvement de progression ; elle dépend de la nature des bois et de la course de la scie. Dans les machines que nous avons prises pour exemple, la course varie de 0m,40 à 0m,60 ; ce sont les limites dans lesquelles il est le plus convenable de se renfermer, et en les adoptant, on peut dire que la pièce de bois doit avancer à chaque coup de scie de deux a cinq millimètres, suivant sa dureté. La première vitesse est très-



2258.



2259.

convenable pour le chêne dur, et la dernière pour l bois blancs peu résistants.

Les scies doivent être animées d'une vitesse de 120 à 150 coups par minute. On peut, d'après ces données, estimer la surface sciée par heure. Ainsi, avec la scierie des figures 2244 et 2245, on peut débiter facilement des arbres de 0m,50 de diamètre ; de sorte que.

en admettant une vitesse de 120 coups par minute, la surface de bois de chêne sciée par heure serait de :

$$0{,}002 \times 120 \times 0{,}50 \times 60 = 7^{m.car.},20,$$

et celle du bois blanc de :

$$0{,}005 \times 120 \times 0{,}50 \times 60 = 18^{m.car.},00.$$

Cette scierie exigerait une force de trois chevaux vapeur environ.

La scierie représentée par les figures 2253 et 2254, marchant à 140 tours par minute, et débitant un madrier de bois blanc de $0^m,30$ d'épaisseur, avançant de $0^m,005$ par coup, a scié par heure une surface de :

$$0{,}005 \times 140 \times 0{,}30 \times 60 = 12^{m.car.},60.$$

Elle exigeait une force de 1 1/2 à 2 chevaux.

En général on peut admettre que chaque cheval-vapeur débite par heure une surface de 3 mèt. car. de bois tendre, et de $2^{m.car.},00$ à $2^{m.car.},25$ de bois de chêne. Mais il faut remarquer que le temps perdu pour la mise en place des bois, les réparations de la machine, etc., s'élève à peu près au tiers du temps total du travail : de sorte que la surface sciée par journée de travail de 12 heures n'est égale qu'à huit fois la surface sciée par heure et évaluée, comme nous venons de le faire, en multipliant l'épaisseur de la pièce par l'avance à chaque coup de scie et par le nombre de ces coups.

M. Navier donne pour la force nécessaire au sciage d'un mètre carré de bois un nombre de beaucoup inférieur à celui que l'on déduirait des résultats que nous venons d'indiquer, parce qu'il ne tient pas compte des frottements très considérables que présentent inévitablement les scieries mécaniques, mais en pratique on devra plutôt se tenir au-dessus qu'au-dessous des indications que nous avons données.

Les scieries à placage marchent avec une vitesse beaucoup plus grande que celle des scieries à bois ordinaires ; elles donnent 250 à 280 coups par minute, mais l'avance ne doit guère dépasser un demi-millimètre par coup de scie. Les scieries de cette espèce qui marchent à Paris, produisent environ 36 mèt. car. de feuilles par jour. On paye 28 fr. à 30 fr. pour le sciage de 100 kil. de feuilles de 2 millimètres 1/2 d'épaisseur.

La vitesse des scies circulaires est assez variable, et on ignore jusqu'à présent celle qui est la plus convenable. Leur vitesse à la circonférence est ordinairement de 5 à 10^m par seconde, ce qui répond, avec les dimensions adoptées en général de 300 à 500 tours par minute. Ces scies absorbent moins de force que les scies à mouvement alternatif. On admet en moyenne que chaque cheval-vapeur peut scier 5 mèt. car. de bois blanc par heure et environ 4 mèt. car. de bois dur.

L'arbre qui met en mouvement les scies à mouvement alternatif doit être muni de volants pour régulariser le mouvement. On leur donne en général $1^m,00$ à $1^m,30$ de diamètre. Leur poids P, d'après M. Morin, est donné par la formule

$$P = \frac{30000^k}{V^2}$$

et d'après presque tous les constructeurs par la relation

$$P = \frac{25000^k}{V^2}$$

en désignant par V la vitesse par 1'' à la circonférence du volant. Ainsi pour un volant de $1^m,10$ de diamètre moyen, devant faire 120 tours par minute, on aurait

$$V = \frac{120 \times 3{,}1415 \times 1{,}10}{60} = 6^m,9$$

et par suite

$$P = \frac{30000}{(6{,}9)^2} = 630^k$$

suivant M. Morin, et

$$P = \frac{25000}{(6{,}9)^2} = 525^k$$

si on adopte, comme cela nous paraît convenable, la marche suivie dans toutes les nouvelles machines.

Le poids du châssis de la scie n'est pas indifférent : il doit se rapprocher, autant que possible, de la moitié de l'effort moyen exercé sur lui. H. MANGON.

SCULPTURE PAR PROCÉDÉS MÉCANIQUES. En traitant ici de la sculpture au point de vue purement industriel, nous ne pouvons songer à parler de l'art du sculpteur proprement dit. Notre but est seulement d'indiquer les moyens économiques de multiplier, réduire l'œuvre de l'artiste, résultat nécessaire de la sculpture industrielle comme de tous les arts d'imitation.

Les procédés usités jusqu'à ce jour peuvent être groupés ainsi qu'il suit :

1° Le *moulage* des objets dans des formes creuses en terre cuite ou en plâtre, soufre, sable, bois, gélatine, fonte métallique, verre, bitume, ciment, pierre factice, etc.

2° Le tour à portrait, amélioré par M. Hulot, et reposant sur des principes établis pour la première fois par M. de la Condamine, qui a publié le premier, en 1733, la description et l'usage d'une machine pour copier sur le tour un portrait ou une médaille en relief. (Voir l'*Histoire de l'Académie*, année 1734, pages 216, 295 ; l'*Art du tourneur*, par Plumier, édition de 1749, chapitre XII.)

3° La machine de M. Colas, fondée sur le principe du tour à portrait. (Brevet de quinze ans, pris le 22 mars 1837.)

4° La compression des bois à froid, à l'aide de matrices, poinçons et emporte-pièces en acier, gravés en relief, suivant le contour du dessin qu'on veut reproduire.

5° Les procédés de M. Ardisson par le refoulement du bois debout. (Brevet de dix ans, pris le 30 septembre 1839.)

6° L'ESTAMPAGE. (Voyez ce mot.)

7° La machine de M. Sauvage, propre à réduire ou augmenter la dimension des statues et tous autres objets de sculpture en quelque matière que ce soit. (Brevet de quinze ans pris le 3 mai 1836.)

8° Celle de M. Dutel, ayant le même objet. (Brevet de quinze ans pris le 9 novembre 1836.)

9° Celle de M. Grimpé, pour reproduire ou réduire toutes les formes de bois de fusil, et celles des rondes-bosses ou des bas-reliefs artistiques. (Brevet de quinze ans, pris le 31 juillet 1838.)

10° Les nouveaux moyens d'exécution de la sculpture et de la gravure dans des matières dures, telles que porphyre, granite, marbre, pierre, etc., par M. Moreau. (Brevet de cinq ans, délivré le 24 novembre 1838.)

11° Ceux de M. Graenacher pour la combustion à l'aide des moules en fonte. (Brevet de dix ans, pris le 27 décembre 1838.)

12° La GALVANOPLASTIE. (Voyez ce mot.)

13° Enfin les machines de MM. Lebas, Gervaizot, Combettes, Jordan, etc., qui ont pris chacun des brevets d'invention non expirés.

Nous devons ajouter à cette nomenclature les procédés antérieurs et peu ou point connus de deux ingénieurs distingués qui n'ont pas pris de brevet d'invention, de M. Amédée Durand et de Philippe de Girard.

Avant de donner quelques détails sur les procédés mécaniques que nous venons d'énumérer, nous décrirons une curieuse méthode abrégée d'exécution pour la sculpture statuaire, employée en 1822 par M. Amédée Durand.

Le résultat obtenu par cette manière d'opérer fut une statue de $2^m,50$ de hauteur. Cette figure de femme, entièrement drapée fut exécutée en quatre vingt-sept

jours par l'emploi d'un seul praticien sculpteur et d'un aide. Elle fait partie du mausolée du duc d'Enghien, existant aujourd'hui dans la chapelle du château de Vincennes.

Voici la succession des procédés qui ont été employés :

Le temps était rigoureusement déterminé, soit pour l'exécution du moule, soit pour le travail du marbre, et il fut nécessaire que ces deux opérations, essentiellement successives, se fissent en quelque sorte des concessions mutuelles, et devinssent simultanées dans une certaine proportion.

Ainsi la disposition générale du modèle étant arrêtée, il a fallu commencer à éponneler le marbre, sans toutefbis prendre des points comme on le fait par le procédé ordinaire, où l'on reporte du modèle sur le marbre à l'aide d'un compas et par les intersections des distances du point à déterminer aux points déjà arrêtés ; et voici comment se fit cette première ébauche, sous la condition de rigueur d'éviter tout enlèvement de matière, qui plus tard eût pu faire défaut. Le modèle, étant debout, fut placé de manière à ce qu'une forte lampe projetât sur un panneau en feuillets de bois mince sa silhouette, ou au moins une projection un peu amplifiée de la figure, soit vue de face, soit vue de profil, suivant la convenance. L'image fournie par cette projection étant découpée, donna une silhouette de la figure. Cette silhouette, ou ce calibre de l'un des deux aspects principaux de la figure, fut posée horizontalement sur le marbre, couché lui-même sur le sol. Le travail à faire, d'après ce premier calibre, consiste à couper à grands coups tout le marbre qui se trouvait excéder de cette projection, que dessinait exactement l'emploi d'un fil à plomb.

Cette opération pour l'un des aspects de la figure, celui de face, par exemple, étant terminée, on procédait de la même manière pour avoir celui du profil, c'est-à-dire que le modèle était présenté dans ce sens à la lumière de la lampe, et que la projection résultant de cette opération était à son tour appliquée sur le marbre, qui lui aussi avait fait un quart de révolution sur lui-même. Par cette manière d'ébaucher, plusieurs personnes peuvent facilement trouver place pour travailler simultanément, et le travail est d'autant plus prompt qu'on n'a pas besoin d'échafaudage

Cette première ébauche faite, on procéda à la mise au point de la statue. Cette seconde opération la laissa dans la même situation, c'est-à-dire couchée, et conserva aux opérations subséquentes les mêmes facilités qui avaient accompagné la première. La mise au point telle qu'elle est pratiquée est soumise à des pertes de temps considérables. Ainsi, pour peu qu'on admette que pour arriver à l'enfoncement exact qu'on doit obtenir sur la pièce ébauchée, on mesure trois fois cet enfoncement, il résulte que, comme on emploie deux compas et un fil à plomb, il y a au moins neuf mesures à prendre, dont la dernière, celle par le fil à plomb, entraîne la perte de temps nécessaire pour faire *dormir* ce dernier et l'amener à l'état de repos.

A ce sujet, il faut faire remarquer que, par les moyens ordinaires, on procède de proche en proche, partant de points trouvés dans le cours du travail pour déterminer les points ébauchés, et que, une fois une erreur commise, elle peut affecter toutes les opérations pour lesquelles elle a servi de base.

Le moyen employé par M. Amédée Durand consiste à poser trois points, deux à la base du modèle, alors terminé, de la statue, et un sur son sommet. Une barre en bois de sapin, portant à l'une de ses extrémités une pointe en acier, qui entrait dans le dernier point dont il vient d'être parlé, se terminait par une traverse également en bois et formant T. Chaque extrémité de cette traverse portait une pointe qui entrait dans chacun des deux autres points déjà cités On voit de suite que ce T, qui reliait les points extrêmes de la statue, formait de ces points la base qui devait servir à prendre tous les autres sur le modèle et à les transporter sur le marbre à travailler.

Au moyen de ce même T, les trois points fondamentaux furent transportés sur ce marbre. Il n'y avait donc plus qu'à prendre et transporter de même cette multitude de points intermédiaires, dont chacun, ainsi qu'il a été dit plus haut, donne moyennement lieu à neu opérations, tant à l'aide du compas qu'au moyen du fil à plomb. Pour obtenir ces points, il a suffi de garnir la longue barre de sapin (elle avait 2m,70) de tiges se terminant en pointes et mobiles dans tous les sens.

La pointe de chacune de ces tiges était mise en contact avec un des pointifs déterminés sur le modèle. Les différentes articulations qui en avaient procuré la mobilité étaient fixées par les procédés connus, comme dans la graphomètre, mais une seule, qui ne permettait de manœuvrer que dans un plan, comme la charnière, restait libre, et n'était limitée dans son mouvement que par un buttoir, qui la maintenait en rapport avec le point mesuré. Ces armatures de pointes mobiles étaient au nombre de dix, et pouvaient changer de place sur toute la longueur de la grande barre de bois. Avant d'être transportées sur le marbre à travailler, elles avaient été relevées en arrière, et leur abaissement jusqu'au buttoir résultait de l'enlèvement du marbre par les outils ordinaires, et déterminait la place ou l'enfoncement du point cherché.

On voit dès lors se substituer à l'emploi des deux compas et du fil à plomb, celui d'une simple pointe à charnière, dont le mouvement est si simple, si sûr et si prompt, que de ce changement résulte une économie considérable de temps.

Tout ce qui vient d'être dit se rapporte exclusivement à la mise aux points qui, ainsi qu'il a été dit, s'exécute la statue étant couchée. On conçoit que, quand il s'agit de draperies à grands plis comme dans le fait rapporté, on peut en pousser l'achèvement très loin, sans redresser la statue et sans recourir aux échafaudages, qui sont si gênants et causent des pertes de temps si considérables.

Tour à portrait. Voyez TOUR.

Quant aux procédés de sculpture par la mécanique, inventés par MM. Dutel, Colas et Grimpé, nous ne pouvons rien dire de mieux ou de plus exact, que ce qui en a été publié dans les rapports du jury des expositions, en 1839 et 1844.

Procédé de M. Colas, en 1839. « La grande difficulté n'étant pas de copier, en le réduisant, un bas relief quelconque et d'en obtenir la copie en telle matière que ce soit, le tour à portrait donnait ce résultat. Elle consistait à copier, dans une dimension différente, la sculpture de ronde-bosse. M. Colas a obtenu ce résultat en le transformant en bas-relief; pour cela, il a divisé son modèle par portions de forme, telles que chacune peut sortir d'un moule d'une seule pièce. Les parties exécutées isolément ont ensuite été réunies et ont composé la statue réduite, qui a été admirée à l'exposition.

« Pour arriver là, M. Colas a dû modifier le tour à portrait dans sa pièce qu'on nomme *barre*, et il l'a fait en mécanicien habile. Le mouvement horizontal alternatif trop rapide de cette barre, eu égard à sa masse, en a été enlevé, et a été transporté à des organes accessoires d'une construction légère. De cette modification ont dépendu le succès des travaux de M. Colas, et la possibilité qu'il possède aujourd'hui, en les changeant de dimensions, de copier tous les morceaux de sculpture. Indépendamment de ces travaux, M. Colas en suit d'autres qui ont pour résultat de copier, sans les diviser, les statues ou bustes de ronde-bosse et d'en obtenir la copie en telle matière que ce soit. » (Voyez tom. III, page 193, des *Rapports du Jury en* 1839.)

En 1844. « Ainsi il fait aujourd'hui, il copie, il réduit en marbre, en pierre, en ivoire, en plâtre, en bronze et en bois les statues, les groupes, les bustes, les bas-reliefs, les rondes-bosses, les ornements, enfin tous les motifs qui lui sont demandés, et le tout avec une fidélité scrupuleuse et l'exactitude la plus sévère. » (Voyez t. III, p. 328, des *Rapports du jury en* 1844.)

Réduction des figures de ronde-bosse, par M. Sauvage. M. Séguier a présenté à l'Académie de sciences, séance du 6 août 1840, au nom de l'auteur, plusieurs copies de propositions différentes d'une même figure de ronde-bosse, exécutées au moyen d'un appareil qui n'est qu'une modification du pantographe appliqué à la sculpture, mais qui se distingue de ceux qu'on a employés précédemment, dans le même but, par une grande simplicité, ce qui permet de se le procurer à peu de frais. La substance sur laquelle on opère est un bloc de savon ou de cire qui se taille très-aisément, et sur lequel on fait ensuite un moule qui peut donner un nombre illimité d'épreuves en plâtre ou en métal. La matière plastique, à l'état où l'emploient les statuaires, peut aussi servir pour une réduction.

« *Procédé de M. Dutel*, en 1839. La sculpture qu'a exposée M. Dutel, sortant des appareils, est à l'état d'ébauche, mais d'une précision suffisante quant aux masses. Ce genre de sculpture, obtenu plus particulièrement sur marbre, est produit par une fraise animée d'une grande vitesse.

« Cet instrument est soumis, dans sa translation, à un système de parallélogramme mobile, mis en rapport, à main d'homme, avec le modèle par une touche mousse, comme dans le tour à portrait. Le modèle et la copie obéissent simultanément à un mouvement de rotation lent, qui vient présenter successivement à l'appareil tous les points de leurs surfaces. »

(En 1844.) « Successeur de M. Dutel, M. Alexandre Contzen a fait plusieurs perfectionnements importants à ses appareils, qui sont mis en mouvement par une machine à vapeur de la force de 6 chevaux.

« L'exactitude, la précision de ses appareils, sont réellement remarquables. C'est le modèle lui-même qui, par ses formes et son développement, imprime à l'outil qui travaille le mouvement d'action sur l'objet à exécuter, en conservant cependant la faculté et la facilité de soutenir et changer de forme selon le désir de création du statuaire, et d'avancer plus ou moins, en raison du plus ou moins de temps que l'artiste veut passer à ce même travail pour le terminer. »

Le journal l'*Illustration* a publié dans le numéro du 18 mai 1845, page 180, le dessin en perspective de cette machine. Ce dessin donne bien une idée générale de la composition des organes qui la constituent, mais il laisse à deviner les transmissions de mouvements et la manière de faire marcher les outils propres à opérer la sculpture.

Procédé de M. Grimpé. « En 1839, la société Gosse de Billy a soumis à l'appréciation du jury des sculptures en relief et en creux, rectilignes et curvilignes, des objets à formes simples ou sculptés, des tenons, des mortaises, des queues d'aronde, des languettes, rainures, feuillures, des poulies de marine, d'arçon, saboterie et charronnage, tous confectionnés mécaniquement par les procédés inventés par M. Émile Grimpé, *avec une rapidité extraordinaire*, ajoute M. Blanqui, rapporteur, *et une économie qui varie, selon les difficultés du travail, de* 20 *à* 850 *p.* 100. *Les expériences les plus authentiques sont faites à cet égard.* » (Voir tom. III, p. 178, des *Rapports du jury en* 1839.)

Le fait d'une économie de 20 p. 100 est exact sans doute, quant à l'emploi du procédé de sculpture mécanique, inventé par M. Grimpé, pour faire des moulures en relief et en creux, des incrustations de formes régulières et irrégulières; quant à l'économie de 850 p. 100, c'est sans doute 85 p. 100 qu'on a voulu dire; elle nous paraît douteuse. Quoi qu'il en soit, nous pouvons affirmer que la société Gosse de Billy n'a fabriqué qu'un petit nombre d'objets qui ont été vendus à l'encan après la dissolution de la société en 1840. Depuis cette époque les machines elles-mêmes ont été démontées et abandonnées sans emploi par une cause que nous ignorons.

Feu Philippe de Girard, l'illustre et immortel auteur du principe sur lequel repose la filature mécanique du lin (voyez LIN), a inventé et construit aussi en Pologne, à l'époque de la révolution de 1830, une machine propre à fabriquer les bois de fusil; les encastrements des pièces étaient achevés ensuite à la main.

Plus tard, cependant, M. de Girard a construit une seconde machine qui creusait tous ces encastrements dans huit bois de fusil à la fois, et il envoya, en 1832, à la Société d'encouragement deux bois de fusil fabriqués ainsi, qui y sont encore déposés.

La simple inspection de ces bois démontre rigoureusement qu'ils ont été travaillés mécaniquement.

Il est juste de dire que ces bois de fusil ont été déposés à la Société d'encouragement avant que M. Grimpé n'annonçât la solution du même problème, et qu'il doit avoir eu connaissance du résultat des travaux de M. Philippe de Girard.

Philippe de Girard fixa lui-même le prix de ses machines à la somme de 28,000 florins de Pologne (environ 23,000 francs), que le gouvernement russe lui accorda avec 25,000 francs de gratification en sus, et une pension viagère de 6,000 francs reversible, pour moitié, sur la tête de son frère. Ces machines fonctionnent, depuis cette époque, dans la fabrique impériale de Tula.

M. de Girard nous apprend lui-même, dans un mémoire imprimé en 1844, qu'il écrivit à M. le ministre de la guerre, le 2 mai 1836, pour offrir au gouvernement français de lui vendre des machines semblables.

La réponse de M. le ministre fut que M. Grimpé s'était engagé à faire des machines propres à fabriquer les bois de fusil moyennant la somme de 300,000 francs votée par les chambres, et que l'on supposait qu'il réaliserait ses promesses; mais, depuis, M. Grimpé a renoncé à ce marché.

Philippe de Girard renouvela alors l'offre de livrer ses machines à moitié du prix de celles de M. Grimpé.

Le ministre de la guerre lui écrivit « que la fabrication mécanique des bois de fusil était impraticable, parce qu'il *était impossible* que les garnitures du fusil, faites à la main, pussent s'adapter à des encastrements faits à la mécanique. »

Philippe de Girard répondit « que si on lui donnait cent mille garnitures de divers calibres, il se chargerait de faire cent mille bois auxquels elles s'adapteraient; que c'était tout ce qu'on pouvait lui demander. »

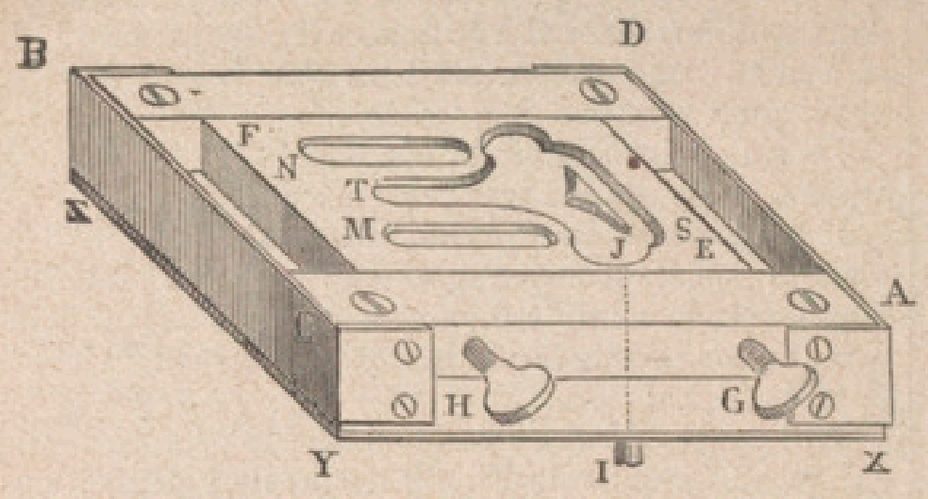
On promit alors de nommer une commission, mais Philippe de Girard est mort en 1845 sans avoir rien conclu. Du reste, tous les plans de ces machines sont restés entre les mains de l'un de ses parents.

Nous avons publié ces faits pour répondre à ce reproche qu'on a adressé souvent à M. de Girard « qu'il *avait abandonné la France*, tandis que c'est le gouvernement français seul qui a méconnu et repoussé ses importantes inventions. Honneur du moins à la Pologne, au gouvernement russe qui a accueilli et récompensé si dignement et si généreusement Philippe de Girard, homme si remarquable, à la fois peintre, sculpteur, et inventeur de la lampe hydrostatique, de la filature mécanique du lin, d'une machine à fabriquer les bois de fusil, etc.

Procédé inventé par M. Amédée Durand, en 1826, *pour sculpter ou graver en creux sur le bois et autres matières, en suivant des formes et des profondeurs déterminées, mais planes.* La fig. 2260 représente la dispo-

SCULPTURE

sition du travail, dans cet ingénieux procédé, qui nous a été généreusement communiqué par l'inventeur. ABCD caisse ou chariot en bois ou mieux en fonte, dans lequel on dispose la pièce de bois plane E F que l'on veut sculpter en creux. On serre cette pièce de bois à l'aide des deux vis en fer G, H. Le dessous de ce chariot est garni d'une plaque de tôle XYZ découpée à jour, suivant le contour du dessin que l'on veut produire. On assujettit cette plaque avec des vis à tête fraisée. I goupille en fer, fixée perpendiculairement et très solidement sur une table parfaitement dressée ; elle entre dans la découpure de la tôle X Y correspondant au point J.



2260.

Tout l'appareil, ainsi disposé, est soumis à une machine à percer dont la *mèche* placée perpendiculairement au-dessus de la goupille I est animée d'une grande vitesse. Cette mèche perce d'abord le bois au point J, et ainsi de suite toutes les parties du bois comprises dans le contour irrégulier S T, en ayant soin de faire mouvoir insensiblement le chariot ABCD.

Comme on le voit, le contour exact de la découpure S T est déterminé par la goupille I qui est engagée dans la découpure de la plaque de tôle X Y, et fait ainsi l'office de guide et de régulateur ; mais, pour que la découpure du bois soit conforme au modèle en tôle, il faut nécessairement que le diamètre de la mèche soit égal à celui de la goupille I.

Ensuite, pour faire les contours M et N, on place successivement la goupille I dans les découpures correspondantes sur la plaque X Y, et on soumet alors la pièce de bois E F à l'action de la mèche à percer, comme il est dit précédemment.

Pour faire des filets en relief, sur le pourtour des formes creuses S, M et N, M. Amédée Durand avait imaginé un autre moyen physico-chimique, fondé sur cette propriété commune à tous les bois, d'imbiber les liquides et d'augmenter de forme et de volume lorsqu'ils sont mouillés.

Voici comment il a opéré :

Il a découpé une plaque de tôle semblable à la plaque X Y, et il a disposé et *brassé*, sur les arêtes ou contours, des fils de fer aciérés, d'une grosseur variable à volonté. Cette plaque ainsi préparée a été appliquée sur la pièce de bois EF, avant l'opération du découpage, de manière que les fils de fer soient en contact avec le bois et à la place où doit être la découpure, place du reste que l'on a déterminée d'avance, en présentant la pièce sous la machine à percer et marquant trois points de repères. Cela fait, M. Durand a soumis la pièce de bois, recouverte de la plaque, à l'action d'une forte pression (presse à vis, laminoir ou presse hydraulique), de manière que les fils de fer, en s'enfonçant, produisent des contours en creux. Puis il a retiré la pièce, et à l'aide d'un rabot, il a réduit la surface du bois au niveau des parties comprimées ; il a plongé ensuite cette pièce dans l'eau froide ou chaude, et les parties du bois qui avaient été comprimées ont repris leur premier niveau, et sont venues former ainsi des filets en relief.

Enfin la pièce a été découpée par le procédé que nous avons décrit ci-dessus.

M. Amédée Durand a employé aussi, pour faire des reliefs sur le bois, un cylindre gravé suivant les contours ou *relevés* qu'il voulait imprimer dans le bois. Ce cylindre était accouplé avec un second cylindre en fer, engrené de manière à former un véritable laminoir. Dans tous les cas, la pièce de bois était soumise à une pression graduée, afin de ne pas rompre les fibres ; et, pour opérer le glissement ou passage de la pièce de bois entre les cylindres, M. Durand avait pratiqué sur le cylindre gravé, dans les parties qui devaient être découpées, des piqûres formant *râpe*.

Procédé de sculpture en bois par la combustion à l'aide de moules, inventé par M. Graenacker. « Dans ce procédé le bois à enlever est brûlé ou converti en charbon ; cet effet est dû à l'application, à l'aide d'une forte pression, d'un moule en fonte de fer chauffé jusqu'au rouge ; on aperçoit de suite que le moule ne transmet pas immédiatement sa forme au bois, mais la produit avec l'intervention d'une couche de charbon. Remarquons que cette couche ne doit jamais avoir plus de deux à trois millimètres d'épaisseur, ainsi qu'il va être expliqué, et que plus elle est mince, plus la sculpture a de netteté.

« Pour que cette netteté soit obtenue, il faut que la couche carbonisée soit limitée de la manière la plus exacte possible, et qu'il n'y ait entre le moule et la forme produite que du charbon parfait, c'est-à-dire friable et pouvant se détacher facilement sous l'action d'une brosse. La forme perdrait beaucoup de sa netteté, et le procédé de sa certitude, s'il se trouvait entre le charbon parfait et le bois inférieur une couche de bois à l'état de charbon roux, c'est-à-dire carbonisé à différents degrés et cédant irrégulièrement à l'effet du brossage. Pour obtenir ce résultat indispensable de limiter l'action comburante du moule chauffé au rouge, on a la précaution d'immerger le bois à travailler, jusqu'à ce qu'il soit entièrement saturé d'eau ; cette eau, sous l'action du moule, se convertit en vapeur et ne permet, dès lors, d'employer qu'une pression intermittente qui en facilite l'écoulement. Si cette pression était continue, la vapeur pourrait se trouver assez comprimée dans certaines places pour que son expansion détachât quelques parcelles de bois et compromît la perfection du résultat.

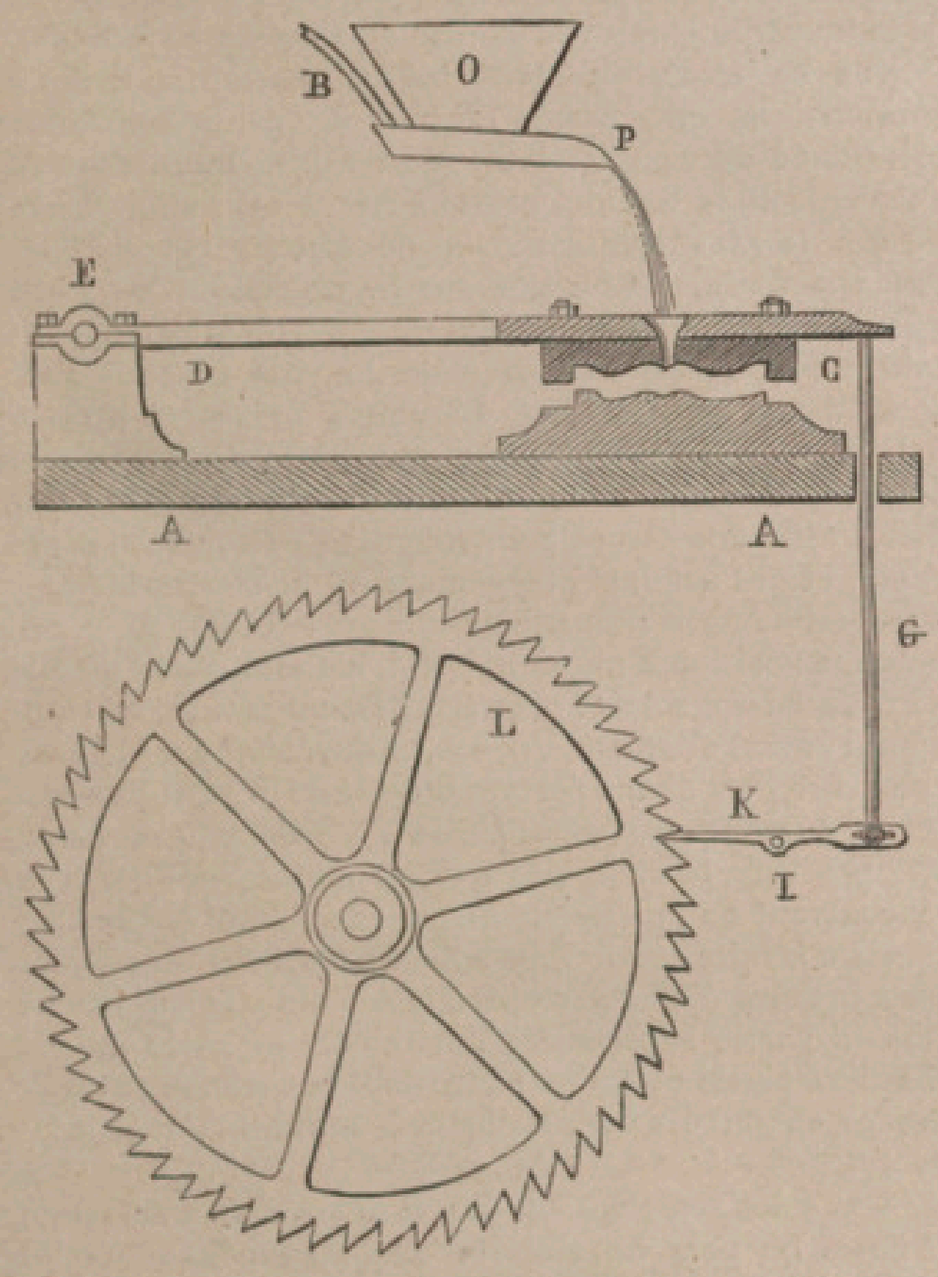
« L'action du moule sur le bois ne dure que 20 secondes environ ; elle est simplement le résultat de l'emploi d'un levier quintuplant le poids de l'ouvrier, qui s'assied dessus et donne à son corps un mouvement vertical très répété ; après 20 secondes, le bois est retiré de la presse et jeté dans l'eau pour, d'une part, arrêter la combustion du charbon, et, de l'autre, faciliter sa dispersion sous l'action d'une brosse. Par ces opérations, répétées autant de fois que l'exige la profondeur du moule, on obtient un relief qui reproduit avec fidélité les détails du modèle primitif.

« Une chose à faire remarquer, c'est que l'imbibition du bois par l'eau étant une des conditions du procédé, plus les bois sont spongieux et plus facile est l'opération, et que, par conséquent, les bois les plus communs sont les plus propres à être convertis en objets sculptés. Cette transformation n'affecte pas seulement leur forme, elle a une influence profitable à leur dureté, qui s'en trouve très sensiblement augmentée. L'aspect des sculptures ainsi obtenues sur le bois de peuplier ou de marronnier acquiert beaucoup de ressemblance avec celui du vieux noyer et est d'un effet très agréable. » (*Extrait du Bulletin de la Société d'encouragement*, 1840, page 383.)

Procédé de sculpture sur marbre et autres matières dures, par M. Moreau. « Ce procédé, pour produire des figures ou objets sculptés, consiste 1° dans l'emploi d'un moule ou matrice en métal qui porte la contre-partie de la figure ou de l'objet qu'on se propose de sculpter, et dans son application à la surface de la matière qu'il s'agit de travailler; 2° dans des moyens pour opérer cette sculpture, qui consistent dans la répétition de chocs ou coups légers et rapides du moule sur la pierre pour en broyer et triturer le grain, et l'amener ainsi successivement à prendre la forme correspondante au moule qu'on frappe dessus.

« Supposons qu'il s'agisse de sculpter en bas-relief un masque ou médaillon au moyen de l'appareil. D'abord il faut se procurer le moule ou matrice en fonte de l'objet qu'on veut produire; c'est la fonte de fer à laquelle il convient pour ce cas de donner la préférence. Quand on est en possession du moule, il faut le monter dans un appareil mécanique convenable propre à élever et abaisser ce moule, pour que celui-ci percute par une succession de coups légers le bloc de marbre, de pierre, ou tout autre matière qui doit être travaillée.

« L'appareil mécanique, perfectionné par M. Am. Durand, est représenté en coupe, fig. 2261.



2261

« Le bloc de marbre ou de pierre, qu'il s'agit de sculpter, est placé sur une table A A soutenue par des chevalets fixes et très solides. Le moule C, qui forme la contre-épreuve du médaillon qu'on veut produire, est fortement attaché au levier D composé d'un fort cadre en fer monté sur des pivots E, E. Ces pivots peuvent être ajustés, afin de régler la hauteur convenable du moule au-dessus du bloc. A l'extrémité opposée de ce cadre D, est une tringle adaptée au moyen d'un écrou. Cette tringle se trouve liée à un levier G I, tournant autour d'un pivot et mis en mouvement par son extrémité à l'aide d'une série de dents que porte une espèce de roue à rochet L, qui tourne par le secours d'une manivelle.

« On voit ainsi que, lorsqu'on imprime un mouvement de rotation à la roue à rochet L, les dents qu'elle porte entrent alors en action contre le bras de la bielle G I, et produisent un mouvement d'oscillation, qui se communique par la tringle G au cadre D qui porte le moule C. Ce moule opère donc ainsi, sur la surface du bloc A, une suite de chocs successifs, qui en triturent le grain dans toutes les parties où ce moule vient à frapper.

« Cette trituration est facilitée par l'introduction du sable, de l'émeri, de la poudre de diamant ou autre matière dure en poudre, qu'on introduit avec de l'eau entre les surfaces du moule et de la pierre pendant l'opération : ce à quoi on parvient en pratiquant plusieurs petits trous dans le moule, ainsi qu'on le voit en *a*, *a*, dans la figure 2261, dans les parties les plus convenables pour distribuer la substance pulvérulente le plus également possible.

« A cet effet, cette substance est introduite dans une trémie O, et glisse le long d'un plan incliné ou gouttière P, en même temps que l'eau est versée en très petite quantité par un tube flexible B, ou par tout autre moyen analogue.

« C'est de cette manière qu'on produit cette succession de chocs rapides et légers qui frappent la surface du bloc, et en enlèvent, par une action toute mécanique, les parties proéminentes pour le réduire à la forme qui est la contre-partie de ce moule.

« Vers la fin de l'opération, on emploie des matières pulvérulentes plus fines qu'au commencement, afin que l'objet puisse quitter le moule avec un haut degré de fini. Telle est la délicatesse de ce mode de sculpture, que l'on obtient ainsi les traits les plus fins, même avec les pierres qui s'égrènent le plus, et qui ne supporteraient pas l'action du ciseau ordinaire.

« L'appareil peut très bien opérer sur des surfaces verticales, telles que des frontons, des entablements, des corniches, et même contre des surfaces renversées, comme des soffites, des plafonds, des caissons de voûtes.

Procédé de sculpture en bois par compression, inventé par M. Ardisson. « L'idée fondamentale du procédé consiste dans la compression des bois de bout, mais cette action seule ne serait pas suffisante pour donner des produits assez économiques et assez résistants : on la fait précéder d'une ébauche superficielle faite à main d'homme, et dont les indications sont naturellement fournies par le moule même qui doit parfaire le travail.

« Par ce procédé se trouvent reproduits tout le fini et toute la délicatesse de travail que l'artiste a su donner à la matrice qui opère la compression.

« Le bois qu'on pourrait croire altéré dans ses fibres n'en conserve pas moins une résistance complétement suffisante pour cette destination, ainsi que cela résulte de l'examen de baguettes d'oves et autres ornements ne présentant entre eux que peu de liaison.

« L'humidité, dont on pouvait craindre des effets de déformation à l'égard de ces produits, ne leur fait éprouver aucune altération ; et c'est ce qui résulte d'une expérience qui a consisté à maintenir immergée, pendant vingt-quatre heures, une portion d'une baguette d'ornement, sans que la partie ainsi éprouvée ait présenté de différence avec les autres.

« Indépendamment de divers objets d'ornement, M. Ardisson présente une tête de profil dont le relief est des plus élevés, et qui atteste toute l'étendue des applications qu'il peut donner à son procédé. » (Voir *Bulletin de la Société d'encouragement*, mars 1845, p. 90.) ROUGET DE LISLE.

SÉCHOIR (*angl.* hotflue, *all.* Trockenhaus). On

désigne sous le nom de séchoir le local dans lequel on produit l'opération du séchage, en donnant le nom d'étuves aux appareils dans lesquels on se propose surtout d'échauffer les substances, bien que la plupart du temps les étuves agissent comme de véritables séchoirs.

L'art de sécher a pour but d'enlever à un corps l'eau qui le mouille; c'est donc une véritable évaporation qu'il s'agit de produire. Chacun sait comment cette opération se fait à l'air libre. Il suffit, par un temps chaud, lorsque l'air n'est pas saturé d'humidité, d'exposer à l'air les étoffes humides pour que l'évaporation de l'eau les sèche bientôt. Cette méthode fort économique n'est pas d'un emploi assez constant dans nos climats pour qu'on puisse s'en contenter. L'air souvent saturé d'humidité, la fréquence des pluies dans certaines saisons arrêteraient fréquemment les fabriques. C'est en chauffant l'air qu'on parvient aisément à pratiquer l'opération du séchage.

Séchage à l'air chaud. L'air est saturé par des proportions variables de vapeur d'eau, quand sa température varie. Si donc on chauffe de l'air même saturé, il devient capable d'absorber une nouvelle quantité de vapeur d'eau, dont la tension croît avec la température. La mesure de cet effet est donnée par le tableau suivant :

Poids de la vapeur renfermée dans un mètre cube d'air saturé, à différentes températures, sous la pression de $0^m,76$.

Température.	POIDS en grammes.	Température.	POIDS en grammes.
0°	5,20	55°	88,74
5	7,20	60	105,84
10	9,50	65	127,20
15	12,83	70	141,96
20	16,78	75	173,74
25	22,01	80	199,24
30	28,51	85	227,20
35	37,00	90	251,34
40	46,40	95	273,78
45	58,60	100	295,00
50	63,63		

La première détermination à faire pour calculer les dimensions d'un séchoir est de déterminer la quantité d'eau qu'il s'agit de vaporiser. Tredgold a fait à ce sujet des expériences sur les matières pour lesquelles se pratique habituellement cette opération, c'est-à-dire pour les étoffes. En voici le résultat. Bien entendu que les pièces étaient tordues ainsi que le pratiquent les blanchisseuses pour enlever la majeure partie de l'eau.

	Poids sec.	Poids mouillé.
Flanelle.	1	3
Calicot. . . .	1	2 1/8
Soie. . . .	1	1 29/30
Toile de lin. . . .	1	1 3/4

Ayant déterminé le nombre des pièces d'étoffes à sécher, et, d'après leur poids connu et ce tableau, le poids de l'eau à évaporer, on obtient la quantité d'air qu'il faut chauffer et par suite les dimensions du calorifère qu'il faut établir à cet effet, au moyen du calcul suivant que nous empruntons à M. Péclet.

Soit à évaporer 25 kil. d'eau en une heure, la température de l'air saturé au sortir du séchoir étant 30° température suffisante pour que les vapeurs s'enlèvent bien par les cheminées) et la température de l'air saturé extérieur étant 15°; condition la plus défavorable, mais pour laquelle il faut combiner les appareils, vu qu'elle se rencontre souvent dans le nord de la France.

A 30° et sous la pression $0^m,76$, un mètre cube d'air saturé contient $28^{gr},51$ d'eau, et à 15° il en contient $12^{gr},83$, comme le montre le tableau ci-dessus, chaque mètre cube d'air dissoudra 15,68 grammes d'eau, et pour les 25 kil. il faudra $\frac{25}{0,01568} = 1594$ mètres cubes d'air. Ce volume ramené de 30° à zéro devient $\frac{1594}{1+0,00364\times 30} = 1437$ mètres cubes, dont le poids est $1437 \times 1,3 = 1858$ kil.

La quantité de chaleur que perd l'air chaud pour dissoudre les 25 kil. d'eau, pour les vaporiser, est $650 \times 25 = 16250$ unités; sa température à l'entrée du séchoir est donc $\frac{30^\circ + 16250 \times 4}{1868} = 64°,8$ (4 est le rapport approché des chaleurs spécifiques de l'air et de l'eau à poids égal). La quantité totale de chaleur dépensée est

$$\frac{1868\,(64,8 - 15)}{4} = 23257.$$

Tel est donc le nombre de calories qu'il s'agit de communiquer à l'air.

Si l'on peut employer directement les produits de la combustion pour opérer le séchage, comme c'est le cas de la touraille employée dans la fabrication de la BIÈRE (voyez ce mot), on obtiendra la consommation en combustible, en divisant ce chiffre par la puissance calorifique du combustible, c'est-à-dire 6000 environ s'il s'agit de la houille, puisque rien n'est perdu. Dans le cas le plus fréquent, on ne saurait projeter les produits de la combustion sur les objets à sécher, que saliraient la fumée et les cendres entraînées par le courant d'air. Aussi emploie-t-on le plus souvent l'air chauffé par un calorifère. Le calcul précédent servira à déterminer les dimensions d'un calorifère d'une nature déterminée, en divisant la chaleur totale à obtenir par l'effet utile que l'on sait obtenir dans ce genre de calorifère, et qui atteint difficilement 80 p. 100 de la puissance totale du combustible.

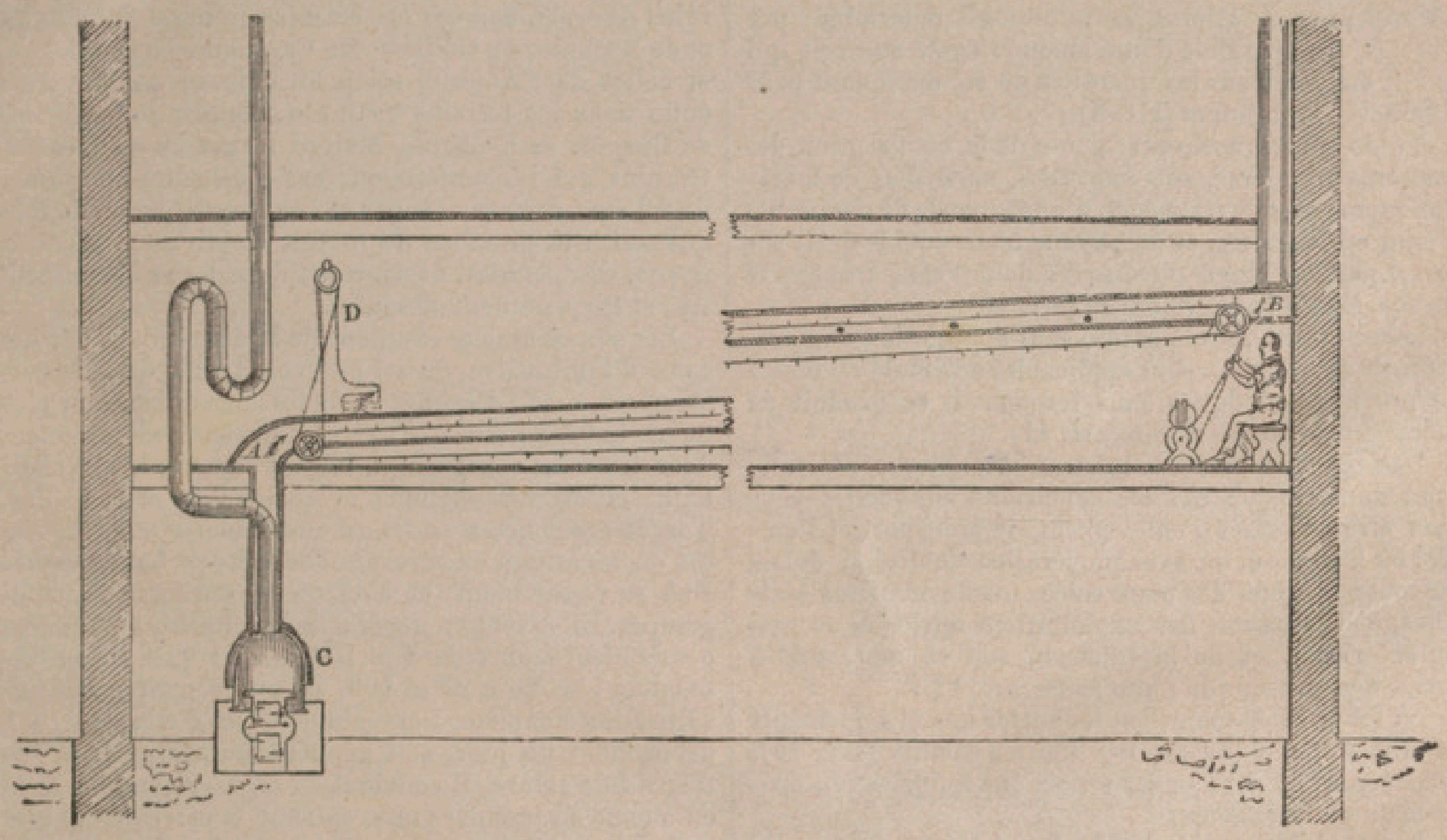
La disposition d'un séchoir doit satisfaire aux conditions de laisser sortir l'air parfaitement saturé. Se composant essentiellement d'une salle qui reçoit par la partie inférieure l'air chaud sortant d'un calorifere, il faut que cet air parcoure toutes les pièces à sécher, et ne se précipite pas vers la cheminée qui lui donne issue en n'en rencontrant qu'une partie. Une excellente disposition consiste à faire sortir l'air saturé au niveau du sol. Le séchoir étant divisé par une cloison qui s'élève jusque vers la partie supérieure, l'air chaud montera dans la première partie pour descendre dans la seconde et sortir par les cheminées dont les orifices sont à la partie inférieure.

Si par des registres et des orifices convenablement disposés on peut faire arriver l'air chaud dans une des deux divisions et faire varier inversement son issue, on pourra toujours le saturer d'eau. Il suffira de charger les pièces dans la moitié du séchoir à la fois, de telle sorte que l'air chaud sortant du calorifère remonte des pièces déjà à moitié séchées et rencontre dans la 2e division des pièces récemment placées et chargées d'humidité, pièces qui recevront à leur tour l'air chaud directement quand le séchage des premières sera complet et qu'elles seront remplacées par de nouvelles pièces.

Nous n'avons pas à nous étendre ici sur les systemes de caloriferes qui ont été donnés complétement à l'article CHAUFFAGE. L'un des plus convenables est celui de M. R. Duvoir, qui échauffe des quantités d'air extrêmement considérables. Dans un séchoir construit à

la blanchisserie de Gisors, trois calorifères lançant l'air à 120° permettent de sécher, en 6 heures, 150 pièces de calicot qui renferment ordinairement 1130 kilog. d'eau. Le volume d'air lancé est de 55.000 mètres cubes. L'évaporation est de 3k,52 d'eau par kilog. de houille; résultat très satisfaisant si l'on songe qu'à la fin de l'opération il s'en faut de beaucoup que l'air sorte saturé.

La fig. 2262 représente un appareil qui a été employé



2262.

en Angleterre, dans les manufactures d'indiennes, pour sécher les pièces. On voit qu'il consiste dans un calorifère chauffant une colonne d'air dans laquelle on fait passer la pièce d'étoffe, placée sur une chaîne sans fin. Cet appareil est fort imparfait et exige une main-d'œuvre beaucoup trop considérable.

Au lieu de calorifères à air, on peut également employer des calorifères à vapeur ou à eau chaude, ce qui peut surtout être avantageux quand on peut en profiter pour réduire le nombre des feux à conduire dans un établissement dans lequel se trouvent déjà des chaudières à vapeur.

Mais le plus souvent le chauffage à la vapeur s'utilise pour sécher les pièces en les échauffant directement. On y trouve l'avantage d'employer un procédé aussi économique, d'après les résultats obtenus jusqu'ici quant à la consommation du combustible (mais non quant à la main-d'œuvre), que les séchoirs à l'air chaud, mais surtout d'obtenir en même temps que le séchage, un apprêt dû à l'action de calandrage des cylindres chauffés à la vapeur, sur lesquels glisse l'étoffe. Nous avons donné à l'article BLANCHIMENT la description d'un appareil à cylindres pour le séchage et l'apprêt des étoffes, et à l'article PAPIER sa disposition pour le séchage du papier à mesure qu'il se fabrique sur la machine.

Nous terminerons en citant pour mémoire deux procédés employés dans les laboratoires et qui n'ont pas encore trouvé d'application dans l'industrie. L'un, le séchage par le vide, qui, d'après les expériences de M. Gay-Lussac, fournit un moyen de conservation des viandes qui, une fois desséchées, ne se gâtent plus; l'autre, le séchage par l'air mis en mouvement par une force mécanique, un ventilateur par exemple, après avoir été débarrassé de son humidité en passant à travers du chlorure de calcium ou de la chaux vive. M. Péclet pense qu'il y aurait avantage à employer la chaux pour sécher de la sorte la colle-forte qu'on ne peut sécher à chaud et qui moisit souvent dans les séchoirs à l'air libre quand l'air reste longtemps chargé d'humidité.

SEIGLE (*angl.* rye, *all.* roggen). Le seigle est, après le froment, la plus importante des céréales, et sert principalement à la fabrication du pain, soit seul, soit mélangé avec le froment. (Voyez FARINE et PAIN.)

SEL (*administration*). Depuis longtemps l'impôt sur le sel forme, pour les gouvernements, une branche très importante de revenus; la perception de cet impôt a donné lieu à un grand nombre de règlements sur l'exploitation et la surveillance des salines et marais salants. Actuellement toutes les salines sont régies en France par la loi du 17 juin 1840, dont nous allons faire connaître en quelques mots les principales dispositions :

Nulle exploitation de mines de sel, de sources ou de puits d'eau salée naturellement ou artificiellement, ne peut avoir lieu qu'en vertu d'une concession consentie par ordonnance royale délibérée en conseil d'État (art. 1er).

Les lois et règlements généraux sur les mines sont applicables aux exploitations des mines de sel. Les dispositions V et X de la loi du 21 avril 1810 (voyez MINES) seront applicables aux concessions de sel (art. 2).

Les concessions ne pourront excéder vingt kilomètres carrés s'il s'agit d'une mine de sel, et un kilomètre carré pour l'exploitation d'une source ou d'un puits d'eau salée. Dans l'un et l'autre cas, les actes de concession règleront les droits du propriétaire de la surface conformément aux articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810. Aucune redevance proportionnelle ne sera exigée au profit de l'État (art. 4).

Les concessionnaires de mines de sel, de sources ou de puits d'eau salée, seront tenus (art. 5) : 1° de faire, avant toute exploitation ou fabrication, la déclaration prescrite par l'art. 51 de la loi du 24 avril 1806; 2° d'extraire ou de fabriquer annuellement, au minimum, une quantité de cinq cent mille kilogrammes de sel, destiné à la consommation intérieure et soumis à l'impôt, toutefois, une ordonnance royale, susceptible d'être retirée, pourra, dans des circonstances particulières,

autoriser la fabrication au-dessous du minimum (ce minimum sert à diminuer les frais de surveillance et de perception de l'impôt).

Tout concessionnaire ou fabricant qui voudra cesser d'exploiter ou de fabriquer est tenu d'en faire la déclaration au moins un mois d'avance. L'exploitation ou la fabrication ne pourra être reprise qu'après un nouvel accomplissement des obligations mentionnées en l'art. 5 (art. 6).

Tout exploitant ou fabricant de sel dont les produits n'auraient pas atteint le minimum déterminé par l'art. 5, sera passible d'une amende égale au droit qui aurait été perçu sur les quantités de sel manquant pour atteindre le minimum (art. 8).

Toute contravention est punie de la confiscation des matières premières, sels fabriqués, ustensiles de fabrication, moyens de transport, d'une amende de cinq cents à cinq mille francs, et du payement du double droit sur le sel pur, mélangé ou dissous dans l'eau, transporté ou soustrait à la surveillance (art. 10).

Les dispositions ci-dessus, sauf l'obligation du minimum de fabrication, sont applicables aux établissements de produits chimiques dans lesquels il se produit en même temps du sel marin (art. 11).

Des règlements d'administration publique déterminent dans chaque cas les conditions auxquelles peuvent être autorisés l'enlèvement, le transport et l'emploi en franchise, ou avec modération de droits, du sel de toute origine, des eaux salées ou de matières salifères, à destination des exploitations agricoles ou manufacturières, et de la salaison, soit en mer, soit à terre, des poissons de toute sorte (art. 12).

La loi précitée maintient les autres lois et règlements relatifs à l'exploitation des marais salants (art. 15), qui ne peuvent être ouverts sans une autorisation spéciale du gouvernement.

Jusqu'au 1er janvier 1851, des ordonnances royales spéciales règlent : 1° l'exploitation des petites salines des côtes de la Manche; les allocations et franchises sur le sel dit *de troque*, dans les départements du Morbihan et de la Loire-Inférieure; à cette époque, ces ordonnances cesseront d'être exécutoires, et toutes les salines seront soumises aux prescriptions de la loi du 17 juin 1840.

La production des mines de sel, sources et puits d'eau salée, et des marais salants en France a été, en 1843, de 3.778.560 quintaux métriques.

L'impôt sur le sel, fixé par la loi du 28 avril 1816, est actuellement en France de 30 fr. par quintal métrique.

SEL (*angl.* salt, *all.* Kochsalz). Le sel de cuisine ou chlorure de sodium nous est fourni par trois sources différentes : les eaux de la mer, les puits et sources d'eau salée et les mines de sel gemme. Les procédés que l'on suit pour retirer le sel des eaux de la mer, ayant déjà été décrits dans ce Dictionnaire à l'article MARAIS SALANTS, il ne nous reste à parler ici que des puits et sources salées, et des mines de sel gemme.

Le *sel gemme* est souvent cristallisé ou plutôt en masses transparentes ou d'un blanc-laiteux, présentant un clivage cubique facile ; d'autres fois il est lamellaire et les lames s'entrecroisent dans tous les sens : il est alors presque toujours légèrement coloré en gris par une certaine quantité de bitume; enfin il se présente aussi à l'état fibreux, blanc ou coloré en rouge par de l'oxyde de fer, et formant ordinairement des veines, soit dans le sel lamellaire, soit dans les argiles salifères qui accompagnent les masses de sel gemme.

Le sel gemme se trouve dans le sein de la terre, tantôt en couches contemporaines au terrain dans lequel il existe, tantôt en masses ou amas de formation postérieure

Le premier genre de gisement du sel gemme se trouve exclusivement dans le terrain de *trias*, et surtout dans la formation des *marnes irisées* (voyez GÉOLOGIE). Tels sont les gisements de Vic et de Dieuze, dans le département de la Meurthe, et celui de Northwich, en Angleterre.

Le second genre de gisement, en amas postérieurs, est le plus fréquent ; ces amas se trouvent tantôt dans le lias, comme à Bex, en Suisse, tantôt dans le calcaire jurassique, comme à Ischl, Hallein, et les autres mines de sel des environs de Salzbourg, tantôt dans les terrains de craie, comme les célèbres mines de Wieliczka et de Bochnia, en Gallicie, de Cardonne, en Catalogne, et celles de l'Algérie, selon M. Fournel, tantôt même enfin dans les terrains tertiaires, comme aux environs de Burgos, en Espagne. Malgré la grande variété des terrains qui les renferment, ces gisements anormaux de sel sont caractérisés par des circonstances analogues qui sont : la présence de roches éruptives, d'amas de gypse, de dolomies, de sources thermales et bitumineuses, et fréquemment de soufre.

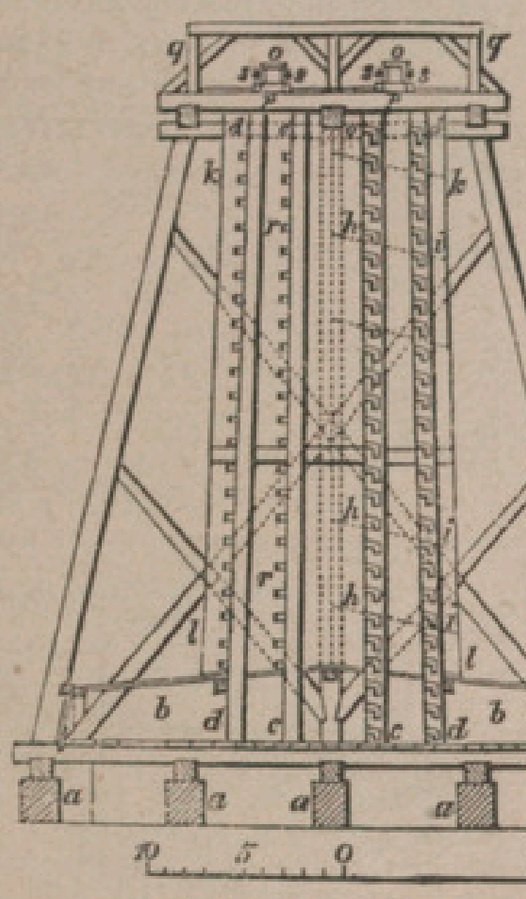
Les sources salées résultent de la dissolution, par des eaux d'infiltration, du sel provenant, soit de bancs de sel gemme, soit d'argiles ou de terrains qui en sont plus ou moins imprégnés. Elles se trouvent ordinairement dans les marnes bigarrées, le grès bigarré, le muschelkalk, le terrain de keuper et quelquefois dans le lias. Tantôt ces sources sortent d'elles-mêmes au jour, tantôt on les atteint en creusant des puits au fond desquels elles se rassemblent, et d'où on les extrait à l'aide de pompes. Elles sont en général inexploitables quand elles contiennent moins de 3 p. 100 de sel ; elles en renferment au plus 26 à 27 p. 100, ce qui correspond à une saturation complète. Lorsqu'une source d'eau salée, soit débouchant au jour, soit exploitée par un puits, a une très faible salure, il convient de creuser non loin de là en amont du premier puits, suivant le pendage des couches, un second puits moins profond dans lequel on installe des pompes qui servent à épuiser une partie des eaux douces d'infiltration; on augmente cet effet en poussant de part et d'autre du fonds de ce puits et suivant la direction des couches, une galerie horizontale pour recueillir, sur une plus grande étendue, les eaux douces susceptibles de diminuer la salure des eaux du puits d'exploitation ; on diminue ainsi, il est vrai, la quantité totale de l'eau qui afflue dans le puits d'eau salée, mais, d'un autre côté, on augmente notablement le degré de salure de cette eau.

Exploitation des puits et sources d'eau salée.

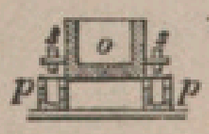
Bâtiments de graduation. En général les puits et sources d'eau salée fournissent de l'eau trop peu chargée de sel pour pouvoir être immédiatement évaporée par l'action du feu. On commence par la concentrer par une évaporation spontanée à l'air libre, dans des appareils connus sous le nom de *bâtiments de graduation*, disposés de manière à offrir la plus grande surface d'évaporation possible. Autrefois on faisait couler l'eau le long d'un grand nombre de cordes verticales, ou sur des tables légèrement inclinées, alternativement les unes dans un sens et les autres en sens contraire, et placées les unes au-dessus des autres. Actuellement on se sert presque exclusivement de bâtiments de graduation à fagots d'épines, dont les fig. 2263 et 2264 (l'échelle est en pieds) représentent une coupe et une élévation : a, a, sont des piliers en maçonnerie, soutenant le réservoir $b\,b$, dans lequel se rendent les eaux qui ont passé sur le bâtiment de graduation ; c, c, sont les montants intérieurs et d, d, les montants extérieurs, auxquels sont fixées les traverses ou lattes $e, e..$, qui supportent les fagots d'épines ; ceux-ci ont une longueur un peu supérieure à la distance $c\,d$, de manière à venir jusqu'en $k\,l$, et à dépasser un peu les traverses e, e, sur lesquelles on les dispose dans une direction inclinée de

l'intérieur à l'extérieur, comme l'indiquent les lignes *h i*, afin de favoriser l'évaporation. L'eau arrive au sommet des bâtiments de graduation, sur les murs en fagots d'épines, par des canaux *o, o*, représentés à une plus grande échelle fig. 2265 et passe de ces canaux par les robinets *s, s*, dans les rigoles *p, p;* dans ces dernières sont pratiquées des échancrures latérales, espacées de 0m,10 à 0m,15, par lesquelles l'eau se déverse sur les fagots où elle se divise en couches excessivement minces, court d'une branche à l'autre et se trouve, pendant tout son trajet, en contact vec l'air qui circule au tra vers des fagots. La disposition que nous ve nons de décrire permet de changer le mode de distribution des eaux, en les faisant arriver sur l'un ou l'autre des murs de fagots suivant la direction du vent. Ces murs doivent d'ailleurs être alignés dans une direction normale à celle habituelle du vent dans la localité. Il va sans dire qu'au-dessus des fagots se trouve un toit en planches qui sert à les abriter contre les pluies.

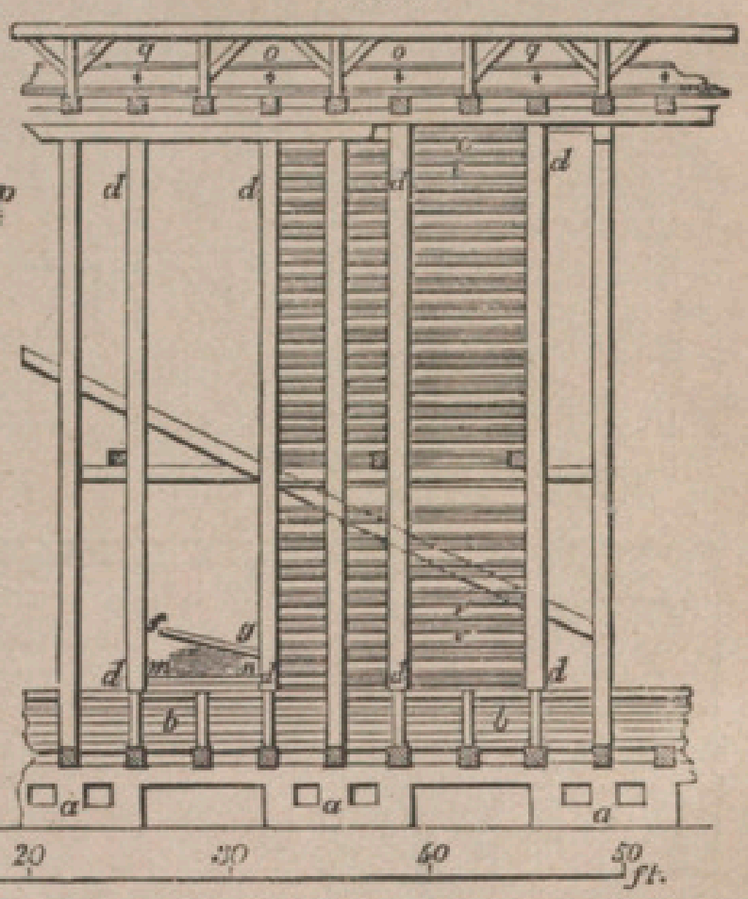
2263.



2265.



2264.



On partage ordinairement la longueur des bâtiments de graduation en deux ou plusieurs sections; la première reçoit les eaux de source, la deuxième celles qui ont déjà passé sur la première et ainsi de suite. Des pompes placées dans les intervalles, et habituellement mues par des roues hydrauliques, servent à élever l'eau des réservoirs inférieurs pour la porter dans les canaux qui la déversent sur les fagots du bâtiment à la suite.

La section de chaque mur de fagots présente un trapèze dont la largeur est de 3m environ en haut et de 4m en bas, sur une hauteur de 12m, et la longueur de ces murs est de 200 à 400m.

Comme exemple de la manière dont marche la concentration, nous indiquerons les nombres suivants qui se rapportent à l'importante saline de Sooden près d'Allendorf (Hesse) : la teneur en sel de l'eau salée sortant du puits étant de 4 p. 100, s'est trouvée, après avoir passé

sur le	1er	bâtiment de	graduation, de	5,42	p. 100
—	2e	—	—	7,31	—
—	3e	—	—	9,78	—
—	4e	—	—	12,98	—
—	5e	—	—	17,02	—
—	6e	—	—	22,00	—

En moyenne on peut concentrer les eaux sur les bâtiments de graduation pendant 280 à 300 jours par an, mais il n'y a guère que 200 jours pendant lesquels il soit possible de préparer des eaux assez concentrées pour être immédiatement soumises à l'évaporation sur le feu.

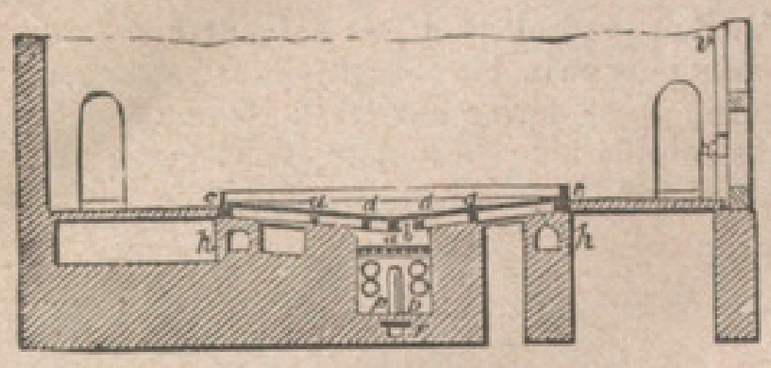
Dans un ensemble de bâtiments de graduation construits comme nous l'avons indiqué, on peut estimer que la quantité d'eau totale vaporisée par an et par mètre carré de surface de l'un des côtés du mur de fagots est de 8 à 10 mètres cubes, suivant que la saison est moins ou plus favorable. Sur cette quantité, il y en a 10 à 12 p. 100 entraînée par la dispersion occasionnée par les vents, et qui produit une perte proportionnelle sur le sel.

Pendant la graduation, et suivant que les eaux salées sont plus ou moins chargées de sels étrangers, moins solubles, il se forme sur les fagots un dépôt plus ou moins considérable de sulfate de chaux généralement mélangé sur les premiers bâtiments, de carbonates de chaux et de fer. La présence de ces dépôts qui finirait par obstruer les fagots, oblige à les retirer au bout d'un certain temps, pour les nettoyer ou même les remplacer si le dépôt est trop adhérent.

Évaporation dans les chaudières. Lorsque l'eau salée est arrivée sur les bâtiments de graduation à un certain degré de concentration, qui correspond à une salure de 14 à 22 p. 100, suivant le prix plus ou moins élevé du combustible, on continue l'évaporation sur le feu.

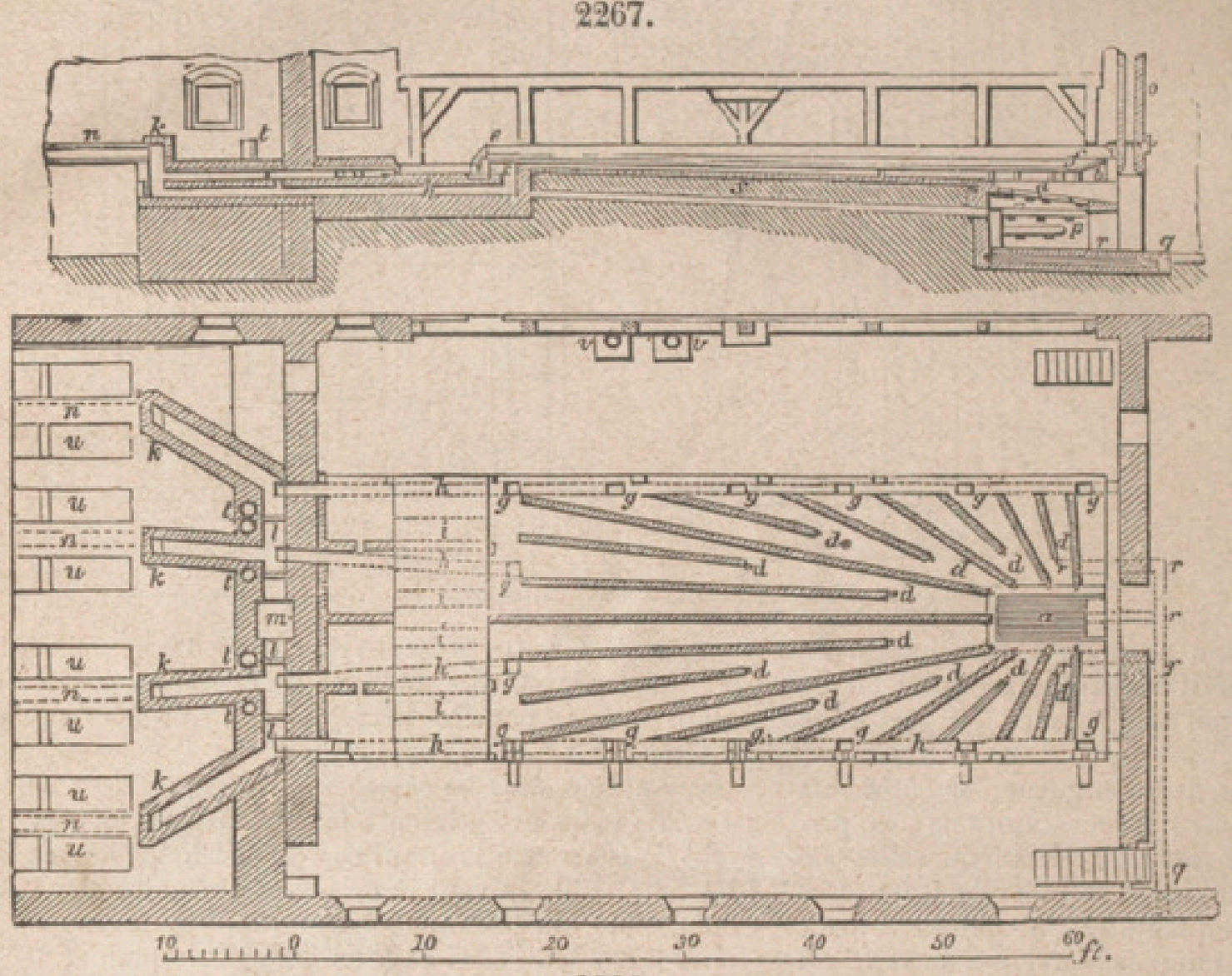
Les fig. 2266, 2267 et 2268 donnent le plan et deux coupes, longitudinale et transversale, des chaudières employées à la saline de Dürrenberg : *e f*, est la chaudière enclavée par ses bords dans le massif du fourneau, et reposant en outre par son fond sur les petits murs *d, d,..*, qui servent à répartir aussi également que possible la flamme sous la chaudière. On emploie généralement ces dispositions pour les chaudières de grandes dimensions; pour les petites chaudières on adapte un foyer circulaire central d'où la flamme s'échappe et circule dans un carneau unique disposé en forme de spirale, de manière à ce qu'elle soit le plus longtemps possible en contact avec le fond de la chaudière. La flamme se rend ensuite par les issues *g, g, g*, dans les carneaux *h, h, h*, puis de là dans d'autres carneaux *i, i, i*, placés sous des chaudières chauffées à flammes perdues, et enfin dans les rampants *k, k, k*, qui la conduisent au séchoir *k t*, d'où elle se rend aux cheminées d'appel par les carneaux *n, n, n;* en *l, l, l*, se trouvent des registres qui permettent de faire évacuer au besoin les produits de la combustion par la cheminée *m*. Une hotte *o*, placée en avant de la chauffe *a*, sert à empêcher la fumée de refluer dans l'atelier, lors d'un coup de vent ou par tout autre cause. Au-dessous de la grille se trouve un appareil à air chaud, composé de tuyaux de fonte dans lesquels l'air froid extérieur arrive par le canal *q r*, s'échauffe, passe dans les tuyaux de fonte *s*, et vient déboucher en *t, t, t, t*, dans le séchoir; *v*, est le robinet par lequel on fait arriver dans la chaudière l'eau à évaporer.

Pour accélérer l'évaporation et entraîner les vapeurs qui se dégagent hors de l'atelier, on place au dessus des chaudières des hottes en planches disposées comme l'indique la fig. 2269 : *d i e k*, sont ces hottes; elles sont composées d'une partie rectangulaire prismatique *e k*,



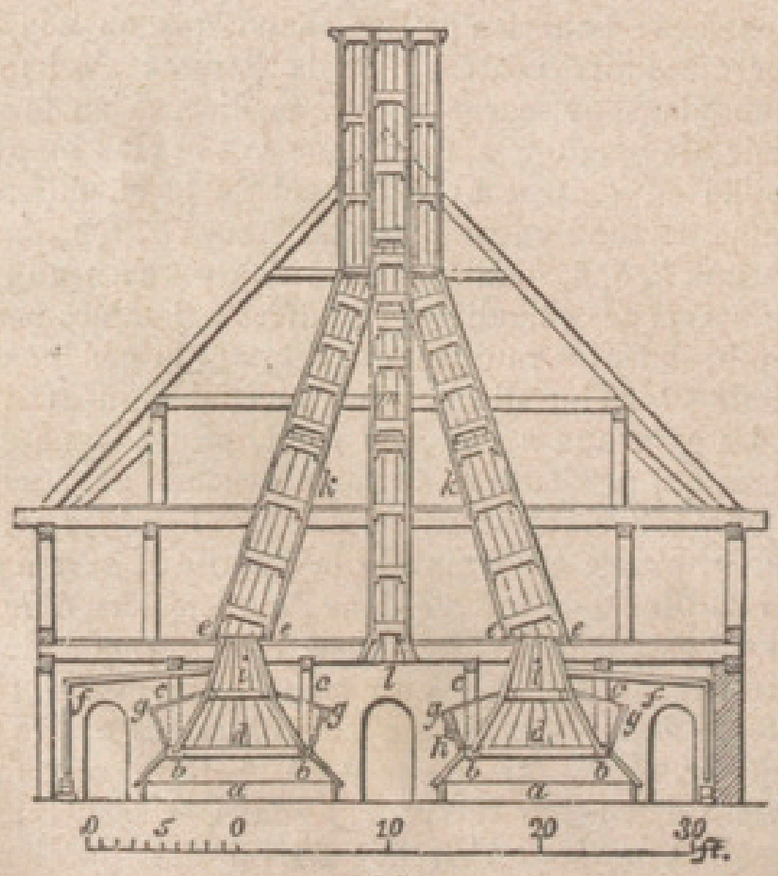
2268.

2267.



2266.

et d'une partie pyramidale *i d*; cette dernière, placée au dessus des chaudières *a*, repose sur un cadre *b b*, supporté, partie par des montants qui s'appuient sur le massif des chaudières, partie par des tirants verticaux *c*, *c*, solidement reliés par leur extrémité supérieure à la



2269.

charpente de l'atelier d'évaporation. *l m*, est une hotte, servant à donner issue aux vapeurs qui n'auraient pu trouver leur écoulement par les hottes placées au dessus des chaudières.

Le travail comprend deux opérations distinctes, le *schlotage* et le *salinage*, tantôt ces deux opérations se font successivement dans la même chaudière ou *poêle*, qui est en forte tôle de 4 à 5 millimètres d'épaisseur, tantôt le salinage s'effectue dans une chaudière séparée, en tôle ou en pierres plates rejointoyées avec un ciment composé de chanvre haché, de chaux hydraulique en poudre et d'huile de lin, placée à la suite de la chaudière à schloter et chauffée à flammes perdues.

L'eau concentrée sur les bâtiments de graduation, et amassée dans les réservoirs d'alimentation des chaudières ou *baissoirs*, est introduite dans la chaudière à schloter, et soumise à une vive ébullition. Il se forme aussitôt une écume provenant de matières organiques enlevées et coagulées par l'ébullition ; on y ajoute quelquefois un peu de sang de bœuf fouetté dans l'eau froide, pour faciliter la séparation de ces matières. Comme l'eau salée est alors ordinairement saturée de sulfate de chaux, il ne tarde pas à se former un abondant dépôt de *schlot*, sulfate double de chaux et de soude qui se sépare de la liqueur, en entraînant avec lui un peu de sel ; on l'enlève avec de longs râbles et on le dépose dans des augets carrés en tôle percée où il s'égoutte. Au bout de 15 ou 20 heures de feu, le sel commence à se déposer lui-même. On ajoute alors de nouvelle eau provenant des baissoirs, de manière à rétablir le niveau de l'eau qui s'était abaissé par l'évaporation, et l'on schlote encore pendant 8 à 10 heures, jusqu'à ce que la chaudière soit pleine d'eau bonne à saliner.

On procède alors au salinage soit dans la chaudière même où s'est effectué le schlotage, soit dans une chaudière à la suite ; lorsque la température est très modérée, le sel cristallise en trémies ; d'autres fois, on en trouble la précipitation en poussant plus ou moins rapidement le feu suivant que l'on veut obtenir le sel en grains plus ou moins fins selon les exigences des consommateurs ; aussi voit-on la production varier du simple au décuple par mètre carré de surface de la chaudière, suivant la nature ou plutôt la forme du sel à produire ; dans tous les cas, on sépare d'abord un peu d'écume qui se forme, puis on ramasse le sel à l'aide d'une grande écumoire, et on l'égoutte dans des trémies ou des paniers placés au-dessus des chaudières ; on le transporte ensuite au séchoir, sorte d'étuve à air chaud, où il achève de se dessécher.

D'après des analyses nombreuses sur des échantillons pris à toutes les époques importantes de l'opération du salinage en chaudières, M. Berthier résume ainsi les préceptes et la théorie de cette opération.

Il faut *schloter à grand feu* pour déterminer la formation du schlot, et par suite la séparation d'une grande quantité de sulfate de soude. Après le schlotage, il est utile de saliner à petit feu pour éviter que le sulfate de magnésie et le chlorure de magnésium ne cristallisent avec le sel marin. Au commencement du salinage, il se dépose peu de sulfate de soude, la quantité en augmente lentement, et tout ce sel est déposé avant la fin

de l'évaporation ; le dernier sel obtenu ne contient que du sulfate de magnésie.

Le salinage dure ordinairement plusieurs jours ; on est obligé de l'arrêter lorsque le sel devient impur ; on retire alors les eaux-mères dans lesquelles se sont concentrés les sels étrangers contenus dans toute la cuite, et on les met à part. Ces eaux-mères sont épaisses, visqueuses et odorantes ; elles renferment beaucoup de chlorures de magnésium et de sodium et de sulfate de magnésie ; elles contiennent souvent, en outre, des iodure et brumure de magnésium que l'on en retire dans quelques usines, pour les besoins du commerce. Généralement on tire parti de ces eaux-mères, en les mettant dans un réservoir où elles passent l'hiver ; comme le sulfate de magnésie réagit à une basse température sur le chlorure de sodium ou sel marin, en donnant naissance à du chlorure de magnésium et à du sulfate de soude, il se forme dans ces circonstances un dépôt de sulfate de soude presque pur, et que l'on purifie au besoin avant de le livrer au commerce.

La présence du chlorure de magnésium dans les eaux-mères ou plutôt dans les eaux salées est la cause d'une grande perte en sel dans les eaux-mères, et donne en outre, surtout à la fin de chaque cuite, des sels d'un goût désagréable et déliquescent. C'était une grande amélioration à introduire que de parvenir à s'en débarrasser à peu de frais ; M. Berthier y est parvenu par l'application aussi simple qu'ingénieuse de deux réactions chimiques observées pour la première fois par Grenn, et qui consistent : 1° en ce que la chaux décompose le chlorure de magnésium, en formant du chlorure de calcium et de la magnésie ; 2° en ce que le sulfate de soude et le chlorure de calcium se décomposent mutuellement, et donnent du sel marin et du sulfate de chaux. Or, dans presque toutes les sources d'eau salée il existe du sulfate de soude et du chlorure de magnésium, mais en général le premier de ces sels y est en excès ; si donc l'on ajoute à l'eau salée, avant le schlotage, assez de chaux pour décomposer le chlorure de magnésium, il se formera un dépôt de magnésie et une quantité correspondante de chlorure de calcium qui réagira à son tour sur le sulfate de soude, pour former du sel marin et du sulfate de chaux ; il restera donc un mélange de sulfate de soude, de sel marin et de sulfate de chaux, et, après le schlotage, on pourra saliner sans qu'il reste sensiblement d'eau-mère. Quand on aura à sa disposition d'anciennes eaux-mères, qui sont, comme nous l'avons dit, très-riches en chlorure de magnésium, on pourra s'en servir pour ajouter à l'eau salée le chlorure de magnésium nécessaire à l'entière décomposition du sulfate de soude ; alors, après le schlotage, une évaporation brusque donnera du sel d'une pureté remarquable.

Pendant l'évaporation du sel, il s'attache au fond des *poêles* un peu de schlot que l'on est obligé d'enlever à coups de marteau au bout de douze à quinze cuites ; on conçoit que sa formation est très-fâcheuse, en ce que les chaudières conduisent moins bien la chaleur et qu'on les détériore pour le détacher. Ce dépôt est désigné sous le nom d'*écailles*, en raison de la forme de ses fragments lorsqu'il est enlevé au ciseau.

A Moutiers, en Savoie, pour remplacer en été l'évaporation par le feu, on se sert d'un bâtiment de graduation à cordes, au moyen duquel on obtient directement du sel cristallisé. Ce bâtiment a 90 mètres de longueur, dont 70 sont garnis de cordes ; au sommet du bâtiment sont placés des canaux de 13 centimètres de large, espacés entre eux de 13 centimètres. Des cordes sans fin passent dans des trous percés dans ces canaux et sont maintenues par des solives au bas du bâtiment ; elles ont 7 à 8 millimètres de diamètre. Il y a vingt-quatre fermes dans l'intervalle desquelles se trouvent douze canaux, et ceux-ci portent vingt-trois cordes chacun, ce qui fait quarante-six longueurs de cordes pour chaque canal ; chaque corde ayant 8 mètres 1/4 de longueur, on voit qu'il a fallu près de 100,000 mètres de cordes pour construire le bâtiment. L'eau est élevée par une *noria* dont les seaux la versent dans un canal qui règne dans toute la longueur du bâtiment ; celui-ci la distribue dans des canaux qui se trouvent entre chaque ferme, et de là elle passe dans des canaux qui supportent les cordes, et qui sont munis d échancrures par lesquelles l'eau coule sur les cordes.

En été on amène l'eau saturée bouillante sur ces cordes, on l'y fait passer plusieurs fois et le sel marin s'y dépose ; quand l'eau devient visqueuse et épaisse, on la conduit au réservoir des eaux-mères. Le sel cristallise sur ces cordes qui se recouvrent ainsi d'une couche de plus en plus épaisse ; lorsqu'elles ont acquis près de 6 centimètres de diamètre, on les décharge en brisant le sel ; celui-ci tombe sur le sol du bâtiment où on le ramasse.

Le salinage d'une cuite, qui durerait cinq à six jours dans les chambres, se fait en dix-sept heures sur ce bâtiment. Le sel est plus pur, mais les eaux-mères sont plus abondantes.

Dans le bâtiment on obtient deux espèces de sel : le premier se forme dans les bassins quand l'eau y séjourne quelque temps, avant d'être élevée sur le bâtiment ; il est en gros cristaux très-blancs ; le second et le plus abondant se produit sur les cordes mêmes. Ces sels sont d'une pureté remarquable. Voici leur composition :

	Sel des bassins.	Sel des cordes.
Sulfate de magnésie. . .	0,40	0,58
— de soude. . . .	0,75	2,00
Chlorure de magnésium..	0,18	0,35
Sel marin.	98,67	97,17
	100,00	100,00

On livre rarement au commerce du sel marin aussi pur ; toutefois ce procédé, plus dispendieux de premier établissement, d'usé et de main-d'œuvre, n'a été adopté qu'à Moutiers ; partout ailleurs on a préféré le salinage en chaudières que nous avons décrit.

Exploitation du sel gemme.

Le sel gemme s'exploite de deux manières essentiellement différentes, soit à l'état solide, par puits et galeries, absolument de la même manière que les autres substances minérales en couches (voyez MINES et HOUILLE), soit à l'état liquide, par dissolution.

Le sel gemme extrait par *puits et galeries* (Northwich, Dieuze, Cardonne, Wieliczka, Bochnia, etc.) est immédiatement livré au commerce, soit en blocs, soit après avoir subi un écrasage ou *égrugeage* préalable, lorsqu'il est suffisamment blanc ; dans le cas contraire, et bien qu'il soit encore souvent plus pur que le sel raffiné provenant de l'exploitation des puits et sources d'eau salée ou des marais salants, on le dissout dans de l'eau, de manière à obtenir une solution concentrée à froid, que l'on fait ensuite cristalliser absolument de la même manière que les eaux salées concentrées sur des bâtiments de graduation, à cette différence près que la solution saline étant plus concentrée, le schlotage marche beaucoup plus rapidement. Lorsque l'on a des sources un peu salées à sa disposition, cas qui se présente assez fréquemment (à Dieuze, par exemple), on emploie ces eaux pour opérer la dissolution du sel gemme à raffiner, ou plutôt on les sature en y ajoutant du sel gemme impur ; on décante, et on procède à l'évaporation comme à l'ordinaire.

L'exploitation des bancs de sel gemme par *dissolution* se fait de deux manières différentes :

Dans le premier procédé, qui est surtout usité dans les mines du pays de Salzbourg et quelques mines de

Souabe, on divise l'intérieur de la mine en un certain nombre de compartiments ou *chambres de dissolution*, dans chacune desquelles on fait arriver des eaux douces. Ces eaux, au fur et à mesure qu'elles se chargent de sel tombent au fond ; on les en retire ordinairement à l'aide d'un siphon qui, une fois amorcé, a un jeu continu. L'orifice de la branche descendante du siphon doit être plongé dans une petite cuvette et constamment recouvert d'eau : on a soin de faire arriver un peu plus d'eau douce que le siphon ne débite d'eau salée, de telle sorte que l'écoulement est continu, tandis qu'on arrête de temps en temps l'arrivée des eaux douces ; il est essentiel de régler l'affluence des eaux douces et l'orifice d'écoulement, de manière que les eaux aient le temps de se saturer complétement. Les eaux saturées de sel sont conduites dans un puisard, d'où on les élève au jour au moyen de pompes ; on les soumet ensuite à l'évaporation comme à l'ordinaire.

Dans le second procédé, usité dans presque toutes les salines de la Souabe, on atteint le gîte salifère au moyen d'un trou de sonde (voyez SONDAGE) d'assez forte dimension, dans lequel on installe une pompe élévatoire à piston creux. Les eaux douces des nappes rencontrées dans les couches supérieures des bancs de sel, ou celles qu'on amène au besoin de la surface par l'orifice du trou, dans l'espace annulaire compris entre les parois du trou et les tuyaux d'ascension de la pompe, se chargent peu à peu de sel qu'elles dissolvent en circulant dans les bancs de sel, d'argile ou de gypse salifères ; en raison de leur accroissement de densité, elles tombent au fur et à mesure au fond du trou de sonde, d'où elles sont élevées au jour par la pompe. Dans l'origine, le degré de salure est très-faible, parce que les eaux douces ne font, pour ainsi dire, que lécher les parois du trou de sonde, et restent très-peu de temps dans le trou ; mais bientôt l'enlèvement du sel par dissolution donne lieu à des cavités souterraines qui vont constamment en s'agrandissant, et forment un réservoir d'eau salée, qui reçoit les eaux douces à sa partie supérieure, et verse par le bas, dans le tuyau aspirateur de la pompe, des eaux chargées d'une quantité de sel, croissante avec sa capacité et l'étendue de ses parois solubles. Les vides immenses, résultant de ce mode d'exploitation, s'étendent surtout dans le sens horizontal et ne produisent pas d'affaissement à la surface du sol, parce que leurs parois sont efficacement maintenues par la pression considérable des eaux, dont ils sont complétement remplis. Il se fait quelquefois des éboulements sur une partie de la hauteur du trou, surtout vers le toit de la masse salifère ; il faut alors retirer la pompe, puis forer de nouveau avec la sonde dans l'éboulement.

Les eaux salées amenées au jour sont évaporées sur le feu de la même manière que celles provenant des bâtiments de graduation.

Voir pour le complément de cet article le mot MARAIS SALANTS. P. DEBETTE.

SEL AMMONIAC. Voyez CHLORURE, *hydrochlorate d'ammoniaque*.

SEL GEMME. Voyez SEL.

SEL MARIN. Voyez SEL.

SELS. On donne généralement le nom de *sels* à des composés résultant de la combinaison des acides avec les bases ; on étend ainsi cette dénomination à un grand nombre de composés, qui, dissous dans l'eau, se comportent comme des sels. On distingue ordinairement cette classe de sels sous le nom de *sels haloïdes*. On devrait plutôt regarder ces compssés binaires anhydres comme analogues aux composés binaires formés par l'oxygène, et leurs combinaisons avec l'eau, ou entre eux, comme des sels analogues aux hydrates ou aux sels proprement dits.

Les sels sont solubles ou insolubles. Généralement les sels solubles le sont plus à chaud qu'à froid ; cependant il y a des exceptions : le sulfate de soude, par exemple, est plus soluble à 60° qu'à 100°, et le sel marin l'est à peine davantage à chaud qu'à froid. En se dissolvant dans l'eau, les sels en retardent le point d'ébullition, comme le montre le tableau rapporté à l'article ÉBULLITION : tantôt cette dissolution produit une élévation de température, comme dans le cas du chlorure de calcium fondu ; tantôt elle donne lieu à une production de froid, surtout lorsqu'on emploie l'eau à l'état de glace pilée ou de neige. On profite fréquemment de cette propriété pour produire du froid. (Voyez CONGÉLATION.)

Les sels sont anhydres ou hydratés ; leur degré d'hydratation varie avec les circonstances dans lesquelles ils se sont formés. Lorsqu'on soumet les sels hydratés à l'action de la chaleur, ils fondent souvent dans leur eau de cristallisation, ce qu'on désigne en disant qu'ils éprouvent la *fusion aqueuse* ; lorsque toute l'eau a été chassée, ils peuvent fondre de nouveau et éprouver une *fusion ignée*. Certains sels, renfermant entre leurs lamelles de l'eau, *décrépitent* par l'action de la chaleur, qui détermine le passage de l'eau interposée à l'état de vapeur, dont la tension surmontant la cohésion moléculaire du sel, le brise en fragments qu'elle projette au loin. Certains sels sont volatils, d'autres fusibles, comme nous venons de le dire, d'autres infusibles ; il en est enfin un grand nombre qui sont décomposés par l'action de la chaleur.

Certains sels sont *déliquescents*, c'est-à-dire se liquéfient en attirant l'humidité de l'air atmosphérique : tels sont, par exemple, la plupart des sels de potasse et le chlorure de calcium ; d'autres sels, au contraire, tels que la plupart des sels de soude, sont *efflorescents*, c'est-à-dire qu'exposés à l'air libre, ils perdent peu à peu une partie de l'eau de cristallisation qu'ils renferment, ils s'effleurissent, se délitent et se réduisent en une poudre dont le volume est plus considérable que celui du sel employé.

Les sels se préparent soit directement, soit par voie de double décomposition, en suivant l'une des lois suivantes, découvertes par Bertholet : il y a toujours double décomposition lorsque les deux sels solubles que l'on mélange sont susceptibles de produire, par leur décomposition réciproque, un sel soluble et un sel insoluble, ou un sel plus soluble et un sel moins soluble que les deux premiers ; il en est de même, à une température élevée, quand il peut se former un sel fixe et un sel plus volatif que les deux premiers : ainsi, en chauffant un mélange d'hydrochlorate d'ammoniaque et de carbonate de chaux, il se volatilise du carbonate d'ammoniaque, et il reste du chlorure de calcium.

On donne le nom de *sels neutres* aux sels formés d'un équivalent d'acide et d'un équivalent de base (voyez ATOMES) ; ces sels sont le plus souvent sans réaction sur les réactifs qui décèlent la présence des acides et des bases, le papier de tournesol bleu ou rougi par les acides. Les sels acides et les sels basiques sont ceux qui renferment plus d'acide ou de base que les sels neutres correspondants.

SELS DE VARECH. Voyez SOUDE.

SÉLENIUM. Corps simple métalloïde, ayant beaucoup d'analogie avec le soufre, découvert par Berzélius en 1817. Il se trouve en certaine quantité dans beaucoup de soufres du commerce ; on le rencontre également quelquefois en combinaison avec le plomb, le bismuth, etc. ; fondu et refroidi lentement, il paraît d'abord d'un gris bleuâtre, brillant, puis devient d'un brun rougeâtre à éclat métalloïde, lorsqu'il est complétement refroidi ; en poudre, il est d'un rouge foncé : sa densité est de 4,30. Il fond un peu au-dessus de 100° en donnant en vase clos des vapeurs jaunes, qui sont d'un rouge vif à l'air. Il n'est d'aucun emploi dans les arts.

SEMOULE. Voyez **AMIDON.**

SÉPIA. La sépia est une couleur brune secrétée par les *seiches*, molusques marins que l'on trouve en abondance sur nos côtes. On fait d'abord sécher aussi rapidement que possible le sac qui la renferme ; puis on broie la matière desséchée avec un peu de potasse caustique en dissolution; on ajoute une nouvelle quantité d'alcali; on fait bouillir pendant une heure et on filtre. La sépia, composée en presque totalité de carbone à un état de division très-grand, se dissout ; on filtre, on sature l'alcali par un acide ; la sépia se précipite alors parfaitement purifiée; on la lave à grande eau, et on la fait rapidement sécher.

SERPENTINE. Sorte de roche verte de la famille des granits. (Voyez **GÉOLOGIE.**)

SERRURERIE. La serrurerie comprend la fabrication des ouvrages en fer forgé qui s'emploient dans les constructions, les mécaniques, etc., etc., autres que ceux qui constituent la **CONSTRUCTION DES MACHINES** proprement dite.

Nous diviserons cet article en deux parties : dans la première nous parlerons des matières premières, nous étudierons les principaux outils du serrurier et les préparations diverses qu'il fait subir aux matières premières qu'il emploie, pour les convertir en pièces de serrurerie; dans la seconde nous nous occuperons de la serrurerie proprement dite, c'est-à-dire de la fabrication et de la fourniture des diverses pièces de la serrurerie.

Nous subdiviserons cette seconde partie en trois sections qui forment trois professions à part, qui sont : 1° le *serrurier en bâtiments;* 2° le *serrurier charron ;* 3° le *serrurier mécanicien.* Le premier fait tous les ouvrages en fer forgé qui s'emploient dans les bâtiments; le second fait ceux qui servent au ferrage des voitures; le troisième, enfin, exécute, d'après des dessins, toutes les pièces en fer forgé qui entrent dans la composition des machines.

Ces trois classes de serruriers, bien que s'occupant de la fabrication d'objets différents, rentrent cependant l'une dans l'autre; ainsi les serruriers en bâtiments travaillent dans les ateliers des serruriers charrons et réciproquement. Cependant les *forgerons charrons* et les *tourneurs* travaillent exclusivement : les premiers, chez les serruriers charrons, les seconds, chez les serruriers mécaniciens.

PREMIÈRE PARTIE.

Les matières premières que le serrurier emploie sont le fer, l'acier, le cuivre, le laiton, la houille, le charbon de bois et quelquefois le coke. Ces substances ont été traitées avec tous les détails nécessaires aux articles **FER, ACIER, CUIVRE, LAITON, COMBUSTIBLES,** etc., nous n'y reviendrons donc pas ici. Nous rappelons seulement qu'avant d'employer telle ou telle qualité de fer, le serrurier doit toujours faire attention aux fonctions que ce fer doit remplir. S'il doit supporter des fardeaux et résister à des pressions, il emploiera du fer fort et dur. Si, au contraire, il doit résister à des efforts de traction, il emploiera du fer doux.

Un morceau de fer, avant d'être changé en une pièce de serrurerie quelconque, subit deux sortes d'élaborations. On commence par lui donner grossièrement la forme qu'il doit avoir, c'est ce qui constitue le *travail de la forge.* Une fois que la pièce est ébauchée, on la finit en la limant, la taraudant, la perçant, etc.; c'est le *travail de l'établi.* Toutes les pièces de serrurerie ne passent pas à l'établi. Il en est un grand nombre qui s'emploient telles qu'elles sortent des mains des forgerons.

Chez les petits serruriers, la forge et l'établi sont situés dans une même pièce. L'établi se trouve dans l'endroit le plus éclairé; la forge, au contraire, se place dans l'endroit le plus obscur afin de mieux juger des couleurs du fer que l'on chauffe. Chez les grands serruriers, la forge et tout ce qui en dépend se trouve dans une pièce généralement au rez-de-chaussée, et l'établi est au-dessus dans une pièce séparée.

Les outils que le serrurier emploie se divisent également en deux classes : 1° les outils de la forge; 2° les outils de l'établi. Les outils de la forge sont : la forge et ses soufflets, les enclumes, les pinces, les broches, les marteaux de toutes grandeurs, les tenailles, les tisonniers, les chasses rondes, carrées et à biseau, les mandrins, les étampes, les tranches, les perçoirs, les tranchets, le casse-fer à froid. Les outils de l'établi sont : les étaux de toutes formes et de toutes grandeurs, les ciseaux, les burins, les mandrins, les filières et tarauds, les machines à forer et leurs forets, les fraises, les trépans, les mèches, les tours, les limes, etc., etc. La plupart de ces outils ont été décrits dans divers articles de ce Dictionnaire, nous compléterons seulement ici ce qu'il y a à dire sur quelques-uns d'entre eux.

La forge du serrurier se compose de la *paillasse,* du *contre-cœur,* qui porte la *tuyère,* de la *hotte* et du *soufflet.* Elle se place d'habitude contre le mur du fond de l'atelier dans lequel sont scellées les barres de fer qui portent la paillasse. Le soufflet se place aussi haut que possible, afin de ménager l'espace et de passer librement au-dessous sans gêner le service. Autrefois les contre-cœur se faisaient en briques; aujourd'hui on remplace la maçonnerie en briques par une plaque de fonte dans laquelle on perce un trou qui laisse passer la tuyère. Cette plaque en fonte dure deux fois plus longtemps que les briques ; on a en outre reconnu que cette disposition économisait du combusible.

Le soufflet généralement employé est un soufflet à deux vents. Il présente cependant de nombreux inconvénients, mais a l'avantage de la simplicité et du bon marché. Il occupe beaucoup de place relativement à l'effet qu'il produit et ne produit pas un vent continu. Le soufflet à trois vents de Rabier est bien préférable ; il donne un vent plus fort, plus continu, et, à force égale, sa grandeur est moitié de celle du précédent (voyez *Collect. des brevets*, tom. II, page 12).

Nous conseillerons aussi aux serruriers l'emploi des *régulateurs* ou *ventimètres*, instruments très-simples, qui permettent de régler la force du vent et d'obtenir à volonté et après de longs espaces de temps exactement la même quantité d'air qui une fois a bien réussi pour une opération.

Le forgeage et le soudage s'exécutent toujours à chaud. On reconnaît aux caractères suivants que le fer est chauffé au point voulu pour être soudé : 1° quand, en faisant agir le soufflet, il sortira du feu de petites étincelles brillantes, qui ne sont autre chose que des parcelles de fer incandescentes détachées de la pièce par la force du vent; 2° quand, en examinant le morceau de fer, on verra que sa surface paraît être couverte d'une couche liquide qui se remue en tous sens, propriété qui a fait donner le nom de *chaude suante* au degré de chaleur auquel il faut élever le fer pour qu'il puisse se souder ; 3° enfin quand le fer, étant retiré du feu, projette de tous côtés des étincelles brillantes. A cet état on le porte sur l'enclume où on le frappe à petits coups, se succédant avec une grande rapidité, pour lui donner du corps; quand il a acquis plus de solidité, on donne des coups plus forts pour lui faire prendre la forme à laquelle on veut l'amener.

Pour souder deux barres de fer, on prépare leurs extrémités de diverses manières. Pour la soudure à simple amorce, les bouts sont préparés en bec de flûte, après les avoir un peu refoulés pour fournir à la perte de la matière par le feu. A cet état on leur donne une chaude suante. Le forgeron et son aide enlèvent chacun une

SERRURERIE.

des pièces qu'ils agitent dans l'air pour faire tomber le charbon. Le frappeur présente sa pièce sur l'enclume et le forgeron pose la sienne dessus. Celui-ci donne quelques coups de marteau à main pour coller les deux pièces ; puis frappeur et forgeron frappent dessus jusqu'à ce que le soudage soit achevé. Le frappeur doit avoir bien soin de frapper exactement où le forgeron frappe, de diriger son coup comme lui et dans le même sens ; enfin il doit mesurer la force de son coup sur celle du forgeron, qui tourne, retourne et promène la pièce sur l'enclume. Si le fer est de mauvaise qualité, il est difficile à souder; on prépare les deux bouts en fourchettes, on fait croiser les branches, on resserre les parties sur l'enclume et l'on chauffe ensemble les deux pièces jusqu'au point voulu pour le soudage.

Le travail du forgeron qui supprime ou au moins réduit au minimum les façons qui doivent le suivre, en raison de ce que son habileté lui a permis d'obtenir la forme définitive du fer qu'il a pétri avec son marteau, est de la plus grande importance, et on doit admirer l'adresse des ouvriers hors ligne qui acquièrent dans les ateliers une juste notoriété.

Nous empruntons à Paulin Désormeaux quelques utiles conseils sur la conduite du feu.

C'est l'œil qui guide et fait juger quand la pièce est assez chaude : quand la flamme devient trop blanche, et qu'il jaillit des étincelles brillantes, le fer est très-chaud. Il faut veiller alors à ne le point grésiller; à ce degré de chaleur, il commence à brûler. Un fer rouverain ou aciéreux ne saurait supporter ce degré de chaleur sans s'altérer plus ou moins; un fer doux supportera plus facilement la chaleur; mais ce degré de chaleur, qu'on nomme *chaleur suante*, nécessaire pour souder, ne l'est point pour que le fer puisse être forgé; la chaleur rouge-clair suffit pour cette opération.

Pour que le vent se répande bien en divergeant, il faut avoir soin de dégager de temps en temps l'orifice de la tuyère à l'aide d'un tisonnier, veiller à ce qu'un gros morceau de charbon ne se trouve pas devant le trou, et ne puisse recevoir seul l'action du vent. Le trou de la tuyère se trouvant élevé de deux centimètres environ au-dessus de l'aire de la forge, qu'on nomme la *paillasse*, il faut avoir soin que le mâchefer et le fraisil ne remplissent pas le dessous de la tuyère. D'une autre part, pour que la chaleur soit très-intense, on ramasse le charbon en masse au-dessus du fer, on le tasse ; on y jette de l'eau afin qu'il fasse une espèce de calotte au-dessus. S'il se forme un conduit, une échappée, par laquelle le vent et la flamme se frayent un passage, il faut les boucher avec du charbon afin de concentrer l'action. Lorsqu'on met le fer au feu, il ne faut point qu'il soit placé devant le trou de la tuyère, ni qu'il reçoive l'action directe du vent; il chaufferait lentement et s'oxiderait beaucoup. Il faut que le vent passe au-dessous, et chasse la flamme sur le fer. On doit remuer le fer de temps en temps, afin que le charbon ne s'attache pas après ; un morceau de charbon qui se soude sur le fer peut le brûler dans cet endroit, tandis que d'ailleurs il n'est pas assez chaud pour être retiré du feu. A mesure que la chaude avance, il faut conduire le vent plus ou moins fort, suivant le degré auquel elle est parvenue; si on voit que l'action languit, il faut remettre un peu de charbon, mouiller de nouveau, reformer sa calotte et souffler vivement. En général, il faut beaucoup de tact et d'habitude pour évaluer de suite ce qu'il faudra de charbon pour la chaude entière. Si on ménage le charbon, le fer chauffera lentement et s'oxidera; pour avoir une *chaude grasse*, il faut mettre du charbon plutôt avec un peu d'excès qu'avec parcimonie. Cependant, il ne faut pas beaucoup dépasser le nécessaire, car, à la chaude suivante, ce charbon à demi brûlé ralentirait l'activité de feu. Il est bon de conserver le fraisil sur la forge, afin de circonscrire l'action du feu; mais il faut avoir soin d'extraire de ce fraisil le mâchefer qui ne doit jamais rentrer dans le feu.

Lorsque le fer est chaud, et qu'il s'agit de le retirer du feu pour le porter sur l'enclume, on doit l'enlever lestement sans le faire toucher au fraisil qui pourrait s'y attacher. Avant de le poser sur la table de l'enclume, on le cogne un peu contre le revers de cette enclume, ou bien on le frotte avec l'angle du marteau, afin de faire tomber les crasses, pailles ou battitures dont il peut être recouvert, et qui, étant frappées sur le fer, s'y incorporeraient et en altéreraient la qualité.

Il y a des pièces fort difficiles à enlever de forge, et, sans une grande expérience, il est très-difficile de savoir comment le forgeron s'y est pris pour les exécuter : souvent il a été contraint de refouler, de ramener son fer, d'employer des étampes, des mandrins, des calibres, etc. Il y a là bien des tours de main qui exigeraient des détails infinis, qui ne pourraient jamais remplacer le moindre apprentissage, et c'est avec grande raison que l'on a pris dans cette industrie le proverbe si sage et si souvent applicable : *c'est en forgeant qu'on devient forgeron.*

Nous avons déjà dit que bien des pièces de serrurerie s'emploient telles qu'elles sortent des mains du forgeron; d'autres au contraire doivent être finies par d'autres façons; il faut les limer, les tarauder, etc., etc. Parlons donc du travail de l'établi.

La pièce doit avant tout être solidement maintenue sur l'établi, pour qu'on puisse agir sur elle, ce qui s'obtient au moyen de l'étau, entre les mâchoires duquel on la serre au moyen de sa vis à filets peu inclinés. (Voy. ÉTAU.)

Pour polir une pièce, on commence par la dégrossir avec les limes. On emploie d'abord le carreau, on continue avec une carrelette et, quand la pièce est tout à fait dégrossie, que sa forme est fixée, on finit avec des limes de plus en plus douces dont le but est de faire disparaître les traces les unes des autres.

Après le marteau, l'outil par excellence du forgeron, le principal outil du serrurier est la lime. C'est en enlevant avec celle-ci les excédants de matière, que l'ajusteur arrive à donner à une pièce forgée les dimensions voulues. Nous parlons ici des petites pièces de serrurerie; car, pour les grandes pièces des machines, on arrive au moyen des machines à raboter, à mortaiser, des tours, etc. (voyez MACHINES-OUTILS), bien plus promptement et bien plus économiquement à obtenir la forme voulue.

Le grand art du limeur est de savoir produire des surfaces parfaitement planes. Il ne faut pas conduire la lime droit devant soi, mais l'obliquer de droite à gauche, puis de gauche à droite en recoupant les tailles; par ce moyen la lime acquiert plus de mordant et ne broute pas sur le fer. Il ne faut pas plus appuyer de la main qui guide le bout de la lime que sur celle qui tient la poignée, car alors, au lieu de produire une surface plane, on en produit une inclinée du côté où on a le plus appuyé. Pour limer en arrondissant, lorsque la pièce n'est pas trop grande, on la prend de la main gauche, et si elle est courte, on la saisit dans un étau à main, et on la lime de la main droite, le fer appuyé sur un bois pris dans l'étau.

Quand on a à former des ornements sur le fer et qu'on veut économiser du temps et de la main-d'œuvre, on emploie des *étampes simples* ou *doubles*. Ces étampes sont faites avec un ou deux morceaux d'acier dans lesquels on creuse la moitié de la forme des ornements que l'on veut donner au fer que l'on moule ainsi, pendant qu'il est rendu maléable par la chaleur. On fait chauffer le fer comme d'habitude; lorsqu'il est chaud on le porte sur l'enclume, on applique l'étampe dessus, puis frappant sur l'étampe à coups de marteau, on fait prendre au fer la forme qu'on désire.

Si ce sont des ornements qu'on veut découper, ou

commence par les dessiner sur une feuille de tôle, qu'on évide et qu'on applique, après un véritable emboutissage quelquefois, sur la pièce de fer qui doit porter ces dessins; on les termine avec des ciseaux et de petites limes. On finit ensuite l'ouvrage en le polissant, comme nous l'avons dit plus haut.

Nous allons donner, d'après l'*Encyclopédie*, le détail de la manière de procéder dans ce travail des *releveurs de fer*, dont l'industrie oubliée vient d'être reprise de nos jours :

Les étampes si commodes pour former des moulures sur de gros fer, et même pour commencer des ouvrages plus délicats, comme sont les feuilles d'eau, les étampes si utiles en bien des circonstances, ne sont pas propres à faire de grands morceaux d'ornements; elles ne sont bonnes que pour imprimer des moulures sur des pièces massives, ou pour mouler quelques espèces de petites feuilles, encore laissent-elles beaucoup de choses à faire à l'adresse du *serrurier*.

Les ornements les plus légers, qui, quoique minces, ont beaucoup de relief et d'étendue, se font ordinairement de plusieurs morceaux. Par exemple, le rinceau est composé de trois fleurons. On commence ces fleurons au marteau sur des espèces de tas ou tasseaux; c'est ce qu'on appelle *des ornements faits au marteau*.

Le tasseau est une petite enclume qui soutient la pièce pendant qu'on la relève en bosse avec le marteau : c'est de cette façon qu'on fait les plus grands morceaux dont les parties doivent être détachées et ouvertes, c'est-à-dire dont différentes feuilles doivent être sur différents plans.

C'est à quoi servent beaucoup les rapports de différents fleurons, ce que l'on concevra aisément en faisant attention que le rinceau est composé de trois fleurons. Ainsi trois morceaux de tôle découpés et travaillés n'ont plus besoin que d'être assemblés pour faire le fleuron.

Presque tous les ornements de serrurerie sont relevés au marteau. Cependant les ouvrages faits sur le plomb sont mieux finis; les côtes, les nervures, et les autres parties délicates des feuilles et des fleurons sont mieux représentées : de sorte qu'on fait au marteau les parties d'ornements qui doivent être vues de loin : il serait inutile d'y mettre un grand fini, on ne l'apercevrait pas; mais on travaillera sur le plomb les ornements qu'on doit voir de près, et dont on peut considérer tous les détails, si on ne les fait pas en fonte de cuivre, ce qui épargne de la peine et est meilleur, parce que les fleurons relevés étant fort minces, ils sont souvent rompus lorsqu'on les met à portée de la main.

On ne peut guère se dispenser de travailler sur le plomb les armoiries et les supports, qui quelquefois représentent des hommes et des animaux, lorsqu'on veut qu'ils soient très-finis.

Tous ces ornements se font avec de la tôle, et on a grande attention de choisir la plus douce possible.

L'ouvrier la prend plus ou moins épaisse, suivant qu'il se propose de lui donner plus de relief ce qui exige qu'il l'étende davantage; mais communément il préfère la mince, parce qu'elle est moins chère et plus aisée à travailler.

Quoique la bonne tôle soit assez ductile, cependant elle ne l'est pas autant que l'argent et le cuivre : il faut que l'ouvrier la travaille avec plus de ménagement; et comme elle se durcit et s'écrouit sous le marteau, il faut de temps en temps lui donner des recuits; car tous les ouvrages relevés sur le tas se travaillent à froid : cependant si l'on avait une grande quantité de petits fleurons à faire qui eussent tous la même forme, je croirais possible de les avancer beaucoup à l'étampe.

Pour cela il faudrait avoir deux plaques d'acier, une desquelles porterait le dessin en creux, et l'autre en relief; on mettrait entre ces deux plaques la tôle rougie au feu, et au moyen d'un coup violent, tel que celui que donne le balancier des médailles, le fleuron serait imprimé, et il ne serait plus question que de contourner les différentes parties suivant l'intention du dessin.

SERRURERIE.

Nous avons déjà dit que les dessins de serrurerie se font de la grandeur que doit avoir l'ouvrage, et qu'on n'y trace que les traits sans ombres.

On pousse le dessin des ornements sur un papier qu'on découpe en suivant tous les traits, et on colle le papier sur la feuille de tôle qu'on veut travailler (figure 1).

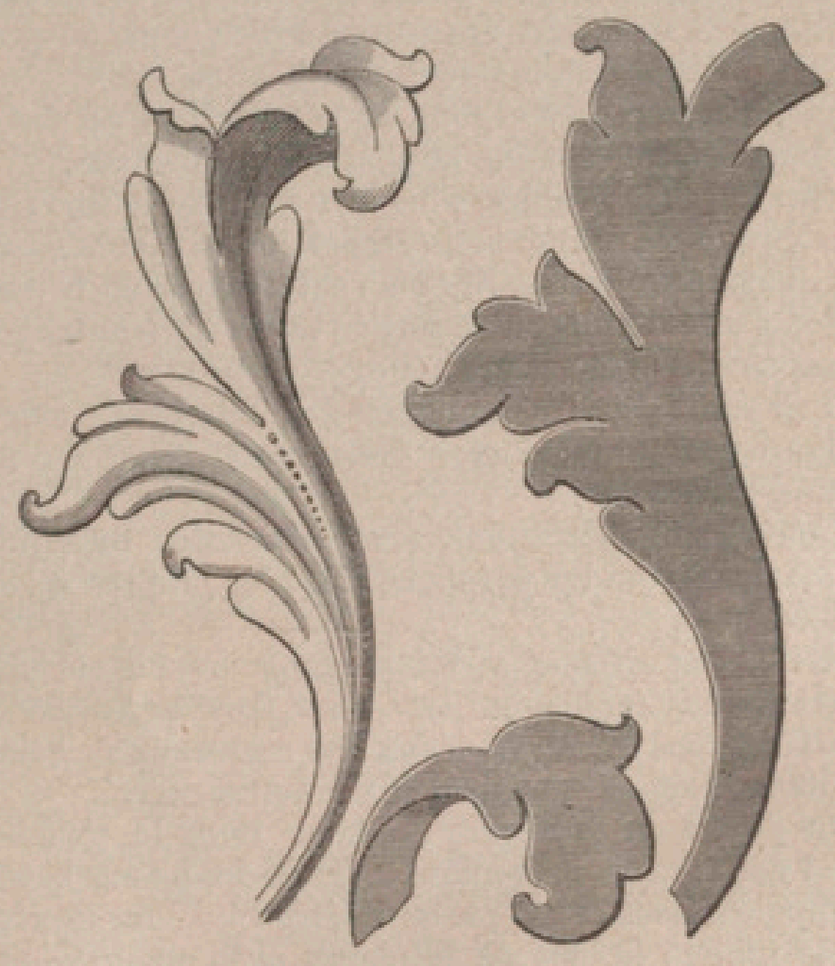


Fig. 2. Fig. 1.

Le contour étant ainsi marqué, le *serrurier* le suit avec un ciseau à froid, et il découpe la tôle comme l'a été le papier qu'il a collé dessus.

Ordinairement le tranchant du ciseau qu'on emploie pour découper la tôle n'est point carré, mais un peu arrondi; c'est une espèce de langue de carpe.

Il faut, quand on dessine des ornements pour la serrurerie, avoir l'attention de choisir ceux qui peuvent être exécutés avec plus de facilité, et qui doivent faire un plus grand effet : c'est pourquoi on ne dessine pas communément les feuilles que présentent les végétaux.

On en a imaginé qui ne ressemblent guère à celles des plantes, que pour cette raison on nomme *feuilles d'ornements*, qui sont fort découpées, et dont les bords se contournent en différents sens; il faut donc que la tôle qu'on a découpée prenne différents reliefs, que d'une tige il parte différentes feuilles, que ces feuilles soient mises dans différents plans, qu'elles prennent chacune une différente convexité, qu'elles aient des nervures qui présentent un peu l'idée des vraies feuilles.

C'est-là où se montrent le goût et l'adresse de l'ouvrier, talents qu'on ne peut acquérir que par un long exercice.

L'ouvrier qui veut travailler un ornement au marteau, se place entre deux étaux. Dans l'un, il met différents tasseaux ou tas, comme nous le dirons dans un instant, et dans l'autre un morceau de bois ou de plomb.

Les tas ou tasseaux sont des tiges de fer aciéré et trempé, d'environ un pouce de diamètre, et qui ont depuis deux jusqu'à six pouces de hauteur.

Ces tas diffèrent les uns des autres, principalement par leur extrémité supérieure qui fait le dessus des tas : les uns sont faits comme les têtes des marteaux, et ont toutes les variétés des différentes têtes, c'est-à-dire qu'il y en a de plus ou moins convexes : d'autres ressemblent aux pannes des marteaux; ils sont minces par rapport à leur largeur, mais toujours arrondis en dessus : enfin d'autres tasseaux sont fourchus, ils se

SERRURERIE.

terminent par deux tranches plus ou moins écartées, et chacune plus ou moins minces.

Les tas, qu'on nomme *fendus*, servent pour faire les grosses nervures ou côtes ; ce sont celles qu'on travaille d'abord et qui servent à guider pour les autres ; la largeur de la fente du tas détermine la grosseur de la nervure

On appuie la tôle sur le tas dans l'endroit où doit être la nervure, on frappe avec le marteau sur la fente du tas, et il se forme un sillon qui marque la nervure ; et quand on veut faire des nervures plus fines, on prend des tas dont les fentes soient plus étroites.

Les fines nervures se font, ou sur l'arête d'un tas, ou sur un tas formé comme la panne d'un marteau.

Plus le tas est mince, plus la nervure est fine ; car, pour former les nervures, on frappe à droite ou à gauche aux deux côtés du tas. Si l'on veut relever en bosse le milieu d'une feuille, on se sert de tas de différentes grosseurs, dont la tête est arrondie.

Il ne suffit pas d'avoir des tas de différentes grosseurs et figures, il faut aussi avoir des marteaux de différentes formes.

L'ouvrier choisit, suivant ses différentes intentions, les marteaux qui lui paraissent les plus propres à remplir ses vues.

Mais, pour donner certaines rondeurs ou certaines courbures aux feuilles entières, on se trouve très-bien de substituer aux tas ou tasseaux des morceaux de bois ou de plomb, surtout pour former des concavités.

On donne cette forme au bois, mais le plomb la prend par les coups de marteau qu'on donne sur la tôle ; on appuie dessus la tôle, et on la forge avec un marteau à tête ronde : le bois ou le plomb cède aux coups de marteaux et la tôle qu'on frappe dessus en prend d'autant mieux la courbure qu'on veut lui donner ; ce qui fait que le plomb est préférable au bois, parce qu'étant plus ductile, il obéit mieux aux coups de marteau, et encore parce qu'à chaque coup de marteau on change sa figure et on lui fait prendre celle qu'on désire.

Manière de faire les ornements relevés sur le tas, et finis sur le plomb. — Les serruriers ne sont guère dans l'usage de relever sur le plomb. Cependant on pourrait relever sur le plomb presque tous les ornements qu'on fait sur les tasseaux, l'ouvrage en serait plus long, mais aussi il serait plus parfait. C'est pourquoi nous croyons devoir expliquer cette façon de travailler, quoiqu'on puisse juger qu'elle est trop recherchée par des ouvrages de serrurerie.

Il ne serait pas possible de donner sur le plomb les grands reliefs ; c'est pourquoi on commence toujours par ébaucher l'ouvrage sur le tas, comme nous l'avons expliqué, et on ne fait que les perfectionner sur le plomb.

Quand on travaille sur le plomb, on est encore guidé par les traits du dessin qu'on veut imiter, qu'on fait de la même grandeur que doit être l'ouvrage fini ; mais comme il serait difficile de travailler de grandes pièces, on coupe en plusieurs parties les rinceaux qui ont de l'étendue ; on travaille en particulier chaque feuille, et quand ils sont finis, on les assemble les uns avec les les autres par des rivets.

Nous avons déjà dit qu'on devait avoir recours à cet expédient lors même qu'on fait des ornements au marteau : sans cela les renversements de feuilles seraient difficiles à exécuter ; et quand toutes ces pièces séparées sont bien réunies, elles ne paraissent faire qu'un seul morceau, surtout quand on les voit d'une distance un peu considérable

Pour tout ce travail on a grand soin de n'emboutir que peu à peu, ne donnant qu'une concavité ou une convexité peu sensible aux parties qui doivent en avoir beaucoup ; puis on fait recuire, et ce n'est qu'à force de recuits répétés qu'on parvient à bien emboutir.

Le fer n'a pas assez de souplesse pour être traité brusquement ; ce n'est qu'à force de ménagements et de patience qu'on parvient à l'étendre sans le rompre. Nous avons parlé plus haut de la forme des tasseaux et de celle des marteaux : ainsi nous pouvons nous dispenser d'y revenir.

A tous les recuits, on commence à travailler sur le tasseau, et quand l'ouvrage est avancé à un certain point, on le relève sur le plomb qui sert à former les reliefs, les creux et les rondeurs.

Tout ce que nous venons de dire ne diffère presque pas des procédés que nous avons expliqués pour les ornements emboutis ; aussi n'avons-nous point encore parlé de ce qu'on appelle véritablement *relever sur le plomb.*

Les ouvrages auxquels on se propose de donner cette perfection, doivent commencer par être emboutis, et alors l'ouvrage n'est encore qu'ébauché ; ce dernier travail, qu'on appelle *relever sur le plomb* ou *sur le mastic*, est véritablement emprunté du ciseleur.

Pour cette dernière opération, on remplit de plomb fondu ou de mastic tous les creux qu'on a formés en emboutissant ; pour cela on borde de terre grasse le pourtour de la tôle, en suivant tous ses contours, et quand cette terre est bien sèche, on coule du plomb fondu dans cette espèce de bassin ; on pose la face où le plomb se montre sur un billot de bois ; on y arrête l'ouvrage avec de gros clous, dont la tête est en forme de T, pour qu'elle appuie sur les bords de la pièce ; car il faut que les coups qu'on donnera pour travailler la pièce, ne la dérangent pas : c'est pourquoi on met tout autour de la pièce les clous presque touchants.

La pièce étant bien assujettie, l'ouvrier travaille à la relever ; ce terme exprime fort bien ce qui résultera de son travail.

Il s'agit d'augmenter les reliefs et les creux des endroits emboutis, de détacher de nouvelles parties et de donner du relief à tout l'ouvrage : tout cela s'exécute avec des espèces de ciseaux qu'on nomme *mattoirs.*

Ils diffèrent des vrais ciseaux en ce que l'extrémité qui porte sur la tôle, au lieu d'être tranchante, est toujours taillée par dents et hachures, comme une lime, et cela afin que l'outil engrène sur le métal, et qu'il ne glisse pas lorsqu'on le frappe avec le marteau.

Le mattoir du *serrurier* est, à la force près, le ciselet du ciseleur, et il fait l'effet d'un repoussoir.

Il faut avoir de grands et de petits mattoirs, et dont l'extrémité soit différente ; dans les uns elle est carrée, dans d'autres arrondie.

On en a de minces, d'épais, de larges, d'étroits, etc., afin de pouvoir travailler dans toutes les espèces de creux qu'on veut former.

Pour commencer à relever, l'ouvrier se sert d'un des plus gros mattoirs : il le tient de la main gauche, ayant la pointe inclinée vers son corps, et il frappe dessus avec le marteau ; commençant par relever ou plutôt par enfoncer tous les traits qui marquent le contour de ce qui a été embouti, en suivant les lignes ponctuées que nous avons vu piquer au commencement.

Il relève ensuite les parties comprises entre ces traits.

Pour relever, il faut placer obliquement le mattoir, et frapper un peu au-dessus du trait, l'inclinaison qu'on donne au mattoir oblige le plomb et le fer à s'élever ; le fer s'étend sous les coups, et ce dont il s'étend est employé en convexité : ce qui le prouve, c'est que le contour du dessin n'augmente ni ne diminue ; cependant les reliefs augmentent.

Il est vrai que, pour produire cet effet, il suffit souvent de creuser les concavités, et d'enfoncer les endroits qu'on veut sillonner pour faire paraître les nervures des feuilles (fig. 3).

Les contours des feuilles ou de parties de feuilles étant marqués comme nous l'avons dit, on trace les nervures et les côtes avec de la craie, avec laquelle on fait deux

traits qui renferment la largeur de chaque nervure; ils se rapprochent à leur origine, où ils concourent presque à un même point, et ils s'écartent pour se distribuer aux différentes parties des feuilles.



Fig. 3.

Il faut prêter une singulière attention à ces nervures; car ce sont elles qui font principalement distinguer les ouvrages qu'on a travaillés sur le plomb de ceux qui sont faits sur le tasseau : les nervures sur le plomb sont plus régulièrement et plus nettement tracées.

On enfonce avec les mattoirs la partie du fer qui est sous chaque trait, d'où il suit que l'entre-deux des traits prend du relief, et forme côte ou arête.

En général, quand on relève sur le plomb, il est à propos de travailler les parties semblables les unes après les autres, et de ne pas finir tout de suite un même côté ou un même fleuron; parce que si l'on agissait ainsi, comme on porterait le plomb d'un même côté, on trouverait des vides sous la tôle, quand on viendrait à travailler un autre côté du même fleuron.

Quand les pièces sont suffisamment relevées et bien finies, on coupe les bords au ciseau, et on fait fondre le plomb qui soutenait la tôle pendant le travail; et quand ces bords sont bien ébarbés, il ne reste plus qu'à les assembler avec des rivets.

Suivant ce que nous avons dit des ornements emboutis ou relevés sur le plomb, on conçoit que ce sont des pièces minces, et terminées par quantité de pointes.

Ces raisons font qu'on ne les place qu'à des endroits élevés, non-seulement parce que les pieds les dérangeraient, mais encore parce qu'ils accrocheraient les habits : c'est une attention qu'il faut avoir quand on dessine des ouvrages de serrurerie.

Et c'est pour cette raison que les serruriers se contentent ordinairement de relever leurs ouvrages sur le tas : le grand fini qu'on leur donnerait sur le plomb ou sur le mastic serait inutile pour des ouvrages qu'on ne voit que de loin. . . . . .

Certaines pièces, après avoir été forgées et limées, doivent encore subir d'autres préparations avant d'être livrées. Quelquefois il faut y faire des mortaises ; d'autres fois il faut les tarauder, les couper, etc., etc. Nous renvoyons pour ces opérations aux articles DÉCOUPOIR, FILIÈRES, PERCER, TARAUD, où elles sont décrites avec tous les détails nécessaires.

Le travail de l'acier diffère peu de celui du fer, seulement il se forge à une plus basse température. Quand on forge l'acier, il faut le ménager au feu. Pour le souder, il faut avoir soin de jeter souvent du grès pilé dans le feu et sur la pièce, afin de la couvrir d'un vernis de silicate fondu qui empêche l'action directe du feu et détermine la fusion de la surface de l'acier. Quand il est à l'état voulu d'incandescence, on le frappe à petits coups comme le fer.

Le travail de la fonte se réduit à bien peu de chose; on la *taraude*, on la *perce* et on la *lime* quand sa qualité le permet. Lorsqu'on veut couper une pièce de fonte, on emploie la scie, même pour la fonte dure. La seule précaution à prendre est de chauffer la pièce au rouge; à cet état une scie de menuisier suffit, la fonte n'étant pas plus dure que du bois.

DEUXIÈME PARTIE.

1re SECTION. SERRURIER EN BATIMENTS. — Les ouvrages que le serrurier fournit dans les bâtiments peuvent se diviser en trois classes : 1° les ouvrages en fonte ; 2° les gros fers ou les fers de bâtiments; 3° enfin les objets de quincaillerie ou de serrurerie dont le nombre est très-considérable.

1° *Des ouvrages en fonte.* — Les ouvrages en fonte employés dans les bâtiments sont : les plaques de contre-cœur des cheminées, leurs garnitures entières, les réchauds pour fourneaux, les tuyaux de conduite, les barres d'appuis des croisées, les panneaux à jour pour portes et balcons, les colonnes, etc., etc. Nous n'entrerons dans aucun détail sur ces objets; ils viennent tout fondus des usines à fer où on les achète au kilogramme.

2° *Des gros fers ou fers de bâtiments.* — On désigne ainsi tous les fers dont le travail se réduit à celui de la forge, ce qui arrive lorsqu'il s'agit de faire une chaîne, une ancre, un tirant, un harpon, etc., etc. Les dimensions et les assemblages de ces pièces varient avec les circonstances dans lesquelles on se trouve. Le serrurier n'a pas à s'en occuper ; il travaille d'après les prescriptions et les dessins de l'architecte. Tous ces ouvrages s'emploient tels qu'ils sortent de la forge sans passer à l'établi.

3° *Des objets de quincaillerie.* — Les objets les plus généralement employés sont les anneaux, les agrafes, les arrêts, les battements, les cadenas, les charnières, les crampons, les équerres, les espagnolettes, les fiches, les gâches, les gonds, les loquets, les pivots, les serrures, les targettes, les verrous, etc., etc. Beaucoup de ces objets sont faits en fabrique et achetés par les serruriers qui n'ont qu'à les poser. C'est surtout en Picardie, que sont situées, en France, les fabriques de ces produits qui exigent le plus de main-d'œuvre; les autres sortent principalement des usines des Ardennes.

Nous parlerons ici des principales pièces de serrurerie de ce genre en décrivant celles qui s'appliquent aux pièces mobiles, les charnières, gonds, pivôts, loquets et enfin les serrures. On trouvera au *Complément* (article SERRURERIE) une étude sur les autres ferrures.

Les pièces qui permettent à une porte, une fenêtre, de s'ouvrir et de se fermer, doivent être établies en rai-

son du poids de la partie mobile, ce qui influe, non-seulement sur leurs dimensions, mais encore sur leur forme.

Charnières.—Chacun connaît la forme des charnières qui servent, surtout dans les ouvrages légers, à faire tourner une partie mobile autour d'un axe. La charnière se compose de deux feuilles de métal reployées chacune l'une sur l'autre, et d'un bout de fil de métal qu'on nomme *broche* (fig. 4). En repliant sur elle-même la

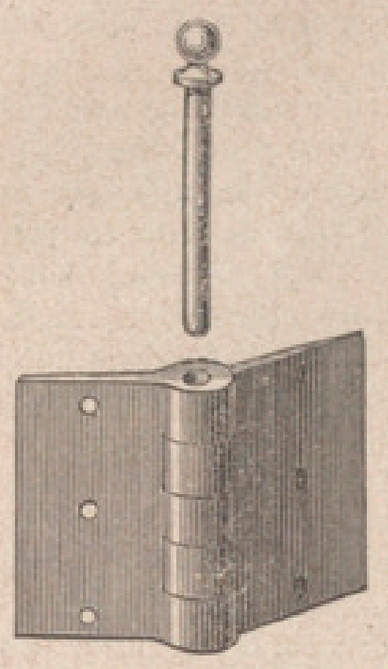


Fig. 4.

feuille de métal, on place une broche dans l'angle, afin que le pli soit arrondi et qu'il forme un bourrelet ou espèce de tube, dans lequel la broche trouvera à se placer lors de l'assemblage. Les deux feuilles ainsi repliées se nomment les ailes ou ailettes de la charnière; l'endroit où elles se réunissent en se pénétrant se nomme le *nœud*. Pour faire ce nœud, on entaille le bourrelet dans les deux ailettes en laissant entre les entailles des parties saillantes qu'on nomme *charnons*. Le nombre des charnons est indéterminé ; mais il est ordinairement ainsi réparti : trois dans une ailette, deux dans l'autre. Les entailles des charnons d'une ailette doivent être juste de la même longueur que les charnons de l'ailette opposée qui doivent s'y placer. Lorsque les choses sont ainsi disposées, on fait entrer les pleins dans les vides et on passe la broche dans le tube du bourrelet ; on la rive par chaque bout, et le nœud est fait.

Les charnières dont nous parlons ici, pour ouvrages en bois, se placent par entaille et encastrement, à l'aide de deux, trois ou quatre vis à tête fraisée en dedans, suivant la longueur. Pour bien poser une charnière, il faut faire son entaille de manière à ce que l'angle des battants se trouve dans l'axe de la broche.

Pour les ouvrages de petite dimension, les charnières se font en cuivre jaune; le travail part toujours d'une bande de ce métal. Cela a permis d'attaquer cette fabrication par des procédés mécaniques.

La machine de MM. Evrard et Boyer, qui tient à la fois de la machine à agrafes et de celle à fabriquer les pointes, était une des pièces les plus curieuses de l'Exposition de 1867. Les charnières finies tombaient de la machine à raison de près de cent par minute.

Il est bien clair que les charnières fabriquées avec de la tôle, dont il vient d'être parlé, ne conviennent pas pour des portes qu'on ouvre et ferme constamment, que le frottement y a lieu dans des conditions défectueuses, que des grippements désagréables s'y produisent nécessairement. On emploie aujourd'hui, bien plus avantageusement, des paumelles.

Paumelles. — C'est un système d'attache qui s'emploie pour les portes légères à dormant en bois ; elles présentent assez peu de largeur pour se loger dans l'épaisseur des feuillures, assez de hauteur pour donner les garanties de solidité nécessaires. Elles se fixent sur le bois au moyen de vis à tête fraisée.

SERRURERIE.

Dans celles que nous représentons (fig. 5 et 6) une rondelle en cuivre est interposée entre les deux pièces afin de rendre leur frottement plus doux.

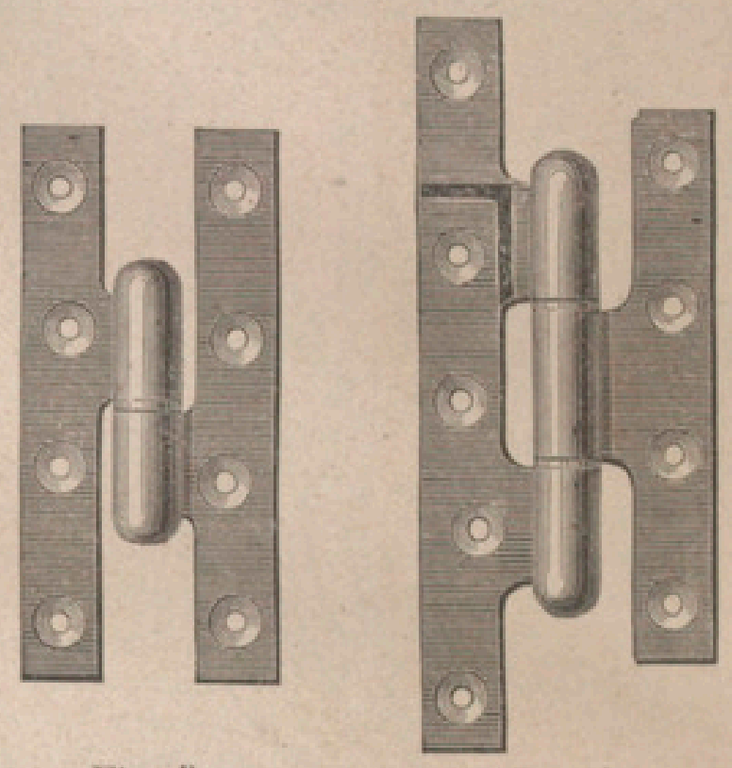


Fig. 5. Fig. 6.

Pour les portes d'un poids notable, on emploie les organes que nous allons passer en revue.

Gonds. — On y distingue: le *mamelon* qui sert de pivot, le *corps* ou nœud sur lequel repose le mamelon ordinairement soudé dans un œil, et la *tige* qui se termine de différentes façons; on a ainsi les variétés suivantes :

Gond de scellement qui finit en queue de carpe pour les ouvrages scellés dans une feuillure en pierre (fig. 7).

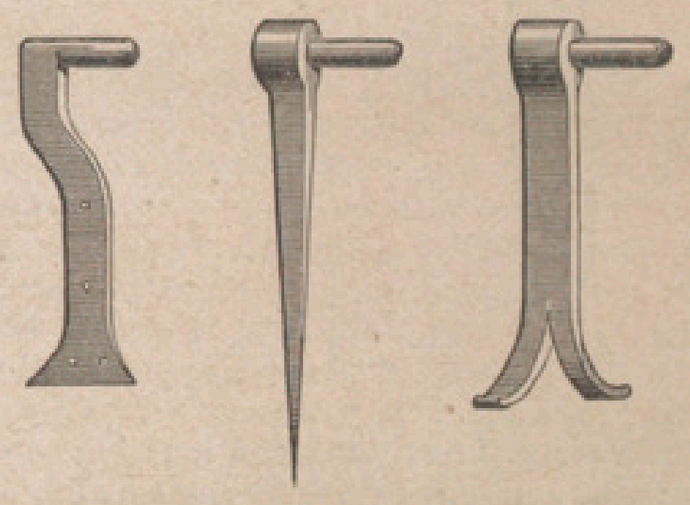


Fig. 9. Fig. 8. Fig. 7.

Gond à pointe pour les ouvrages fixés sur un dormant en bois (fig. 8).

Gond à patte qui se fixe sur le bois au moyen de vis (fig. 9).

Pentures. — Ce sont des bandes de fer arrêtées sur la porte par des clous et terminées par un œil dans lequel entre le gond qui est lui-même fixé dans la feuillure de la porte (fig. 10).

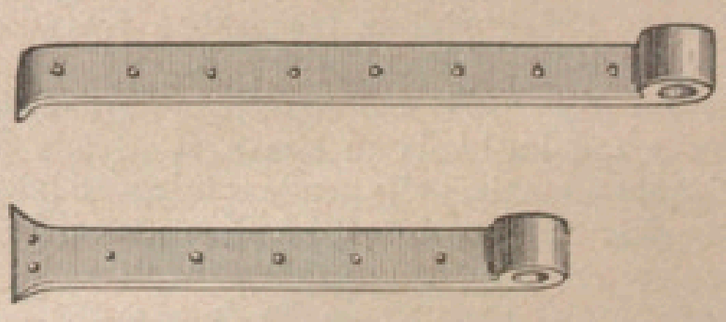


Fig. 10.

Les pentures peuvent acquérir beaucoup de développement et servir à la fois au mouvement, à la consolidation des portes et à leur décoration.

Pivots. — Les grandes portes sont soutenues sur un pivot. Pour les ouvrages rustiques, écuries, granges, etc., le pivot n'est qu'un simple étrier composé de deux

branches entre lesquelles se loge le chardonnet de la porte et d'un mamelon (fig. 11).

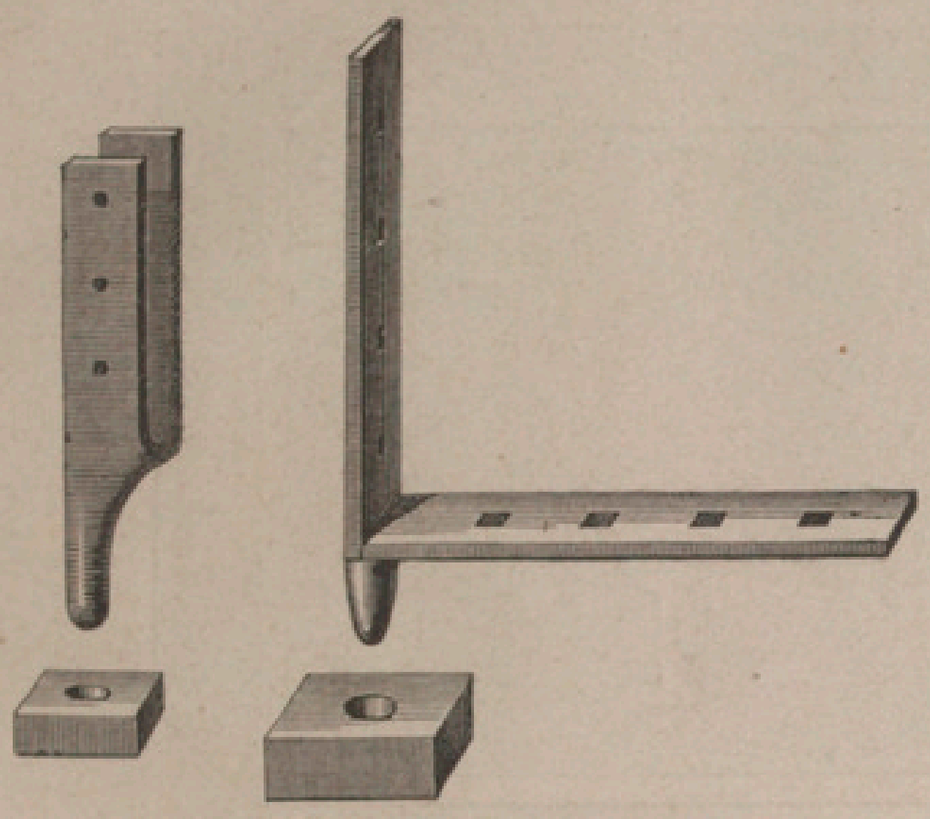


Fig. 11. Fig. 12.

Dans les ouvrages plus soignés, ce pivot a la forme d'une équerre; il tourne sur une crapaudine scellée dans une pierre (fig. 12).

Bourdonnière. — C'est la ferrure du haut de la porte qui sert à empêcher son déversement. Elles est formée d'une douille ou collier en fer scellé en haut du jambage, et dans laquelle entre un gond à deux branches fixé sur le haut du chardonnet (fig. 13).

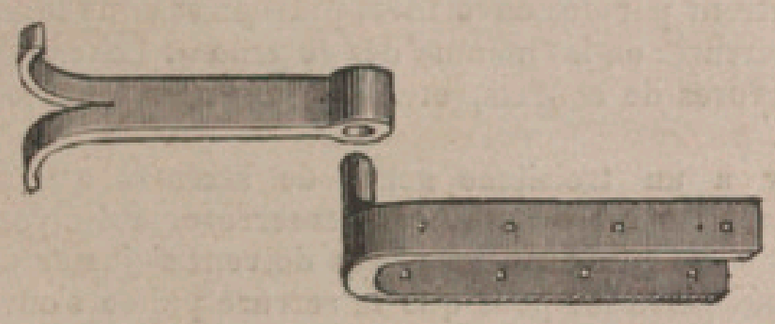


Fig. 13.

Charnières pour grilles. — Pour les portes des grilles d'un poids considérable, comme pour bien des ouvrages de mécanique, il faut revenir aux charnières; mais alors celles-ci sont en fer (on ne peut employer ici la fonte moulée avec sécurité, au moins pour des ouvrages soignés), et les surfaces sur lesquelles le frottement a lieu reçoivent une étendue suffisante pour que l'usure ne puisse les altérer.

Le travail de la lime et du ciseau sont insuffisants pour terminer une charnière semblable; on ne peut plus notamment, comme dans le cas général, obtenir une surface cylindrique concave, comme celle qui doit recouvrir l'extrémité des charnons, en employant la machine à percer; c'est par l'emploi de la fraise qu'on y parvient.

Après avoir percé et alésé dans chaque pièce les trous qui doivent recevoir la broche, on approche le travail, autant que possible, en enlevant la plus grande partie du métal à l'aide de la scie, de la lime et du ciseau. Pour terminer la partie concave, pour rendre les faces des charnons bien perpendiculaires sur l'axe, on taille en fraise coupante la surface et une extrémité d'un petit cylindre d'acier (fig. 14), ayant le diamètre de la concavité, que l'on trempe avec soin. Monté sur une tige à laquelle elle est assemblée au moyen d'un goujon transversal et qui passe dans le trou de la charnière, la fraise vient terminer la concavité par sa surface cylindrique et dresser la surface perpendiculaire à l'axe,

par les taillants de sa base. On fait tourner la tige au moyen d'un outil qui reçoit son extrémité carrée. La figure 15 montre cette disposition et la figure 16 une demi-charnière ainsi terminée, appartenant à une pièce de fer. On parvient à l'aide de cet outil à exécuter une charnière et notamment à aléser les concavités qui reçoivent les charnons, avec une grande perfection.

Fig. 14.

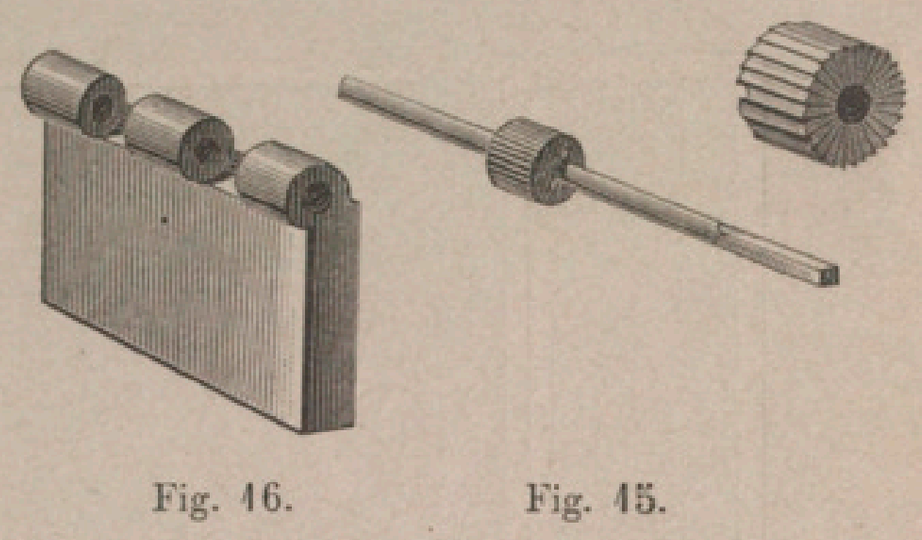


Fig. 16. Fig. 15.

Serrures. — De tous les ouvrages de serrurerie celui qui demande le plus d'habileté et d'adresse chez l'ouvrier, celui qui exige le plus d'attention pour sa bonté et sa sûreté, celui enfin dont l'usage est le plus important, est sans contredit la *serrure*.

Notre intention n'est pas de décrire ici les innombrables serrures inventées jusqu'à ce jour. On peut dire que le nombre en est infini, sans que le plus souvent les prétendus avantages que leur attribuent les inventeurs compensent leur complication et l'accroissement de prix qui en résulte. Nous nous contenterons de dire quelques mots sur les différentes pièces qui entrent dans la composition d'une serrure, et de passer en revue les principaux systèmes que l'on a employés et que l'on emploie aujourd'hui.

La serrure (*angl.* lock, *all.* schlœsser) est une petite machine en fer, quelquefois en cuivre, qu'on applique sur le bord d'un vantail de porte ou d'armoire, ou sur les coffres, tiroirs et secrétaires pour les fermer, et qu'on ouvre ou ferme avec une clef.

Tout le mécanisme de la serrure est enfermé dans une boîte en fer nommée *palâtre*. Cette boîte se compose d'un fond rectangulaire sur lequel sont appliqués les côtés relevés : le plus haut, à travers lequel passe le pêne, se nomme le *rebord*, les trois autres côtés composés d'une feuille de tôle forment ce que l'on appelle la *cloison*. Cette feuille de tôle porte de petites queues saillantes que l'on rive sur la palâtre : la palâtre et la cloison sont donc assemblés d'une manière très-solide.

Le *pêne* de la serrure est une espèce de verrou que met en mouvement la clef (fig. 17). La *tête* du pêne est la partie qui sort de la serrure et qui vient s'engager dans la *gâche*, petit crampon fixé à vis ou à scellement sur le battant de la porte. La *queue* du pêne porte, d'un côté, des parties saillantes nommées *barbes du pêne* sur lesquelles la clef agit, et de l'autre, des *encoches* dans lesquelles tombe un *ergot* qui termine un ressort appelé l'*arrêt du pêne*. Le pêne est *simple* ou *fourchu*, selon que la tête est d'un seul morceau ou formée de plusieurs dents. Enfin, dans l'intérieur de la serrure se trouvent certaines pièces de tôle contournées qui s'accordent avec les découpures faites à la clef; c'est ce que l'on appelle les *gardes* ou *garnitures* de la serrure : ces gardes s'opposent au mouvement de toute clef qui n'aurait pas les entailles nécessaires. La clef se compose de l'*anneau* où on applique la main, du *canon* si elle est forée, ou du *bout* si elle ne l'est pas, et du *panneton*. Le panneton lui-même se compose du *museau*, partie plane ou courbe qui touche le pêne de la serrure, et du *corps* qui est la partie comprise entre le museau et la tige. Le panneton porte diverses entailles pour

donner passage aux gardes ou garnitures de la serrure. Ces entailles portent différents noms suivant leurs positions. Le canon n'est pas toujours percé d'un trou cylindrique; quelquefois il est en *trèfle*, en *fer de lance*, etc. Tous ces trous s'accordent avec la broche de la serrure fixée bien solidement au palâtre.

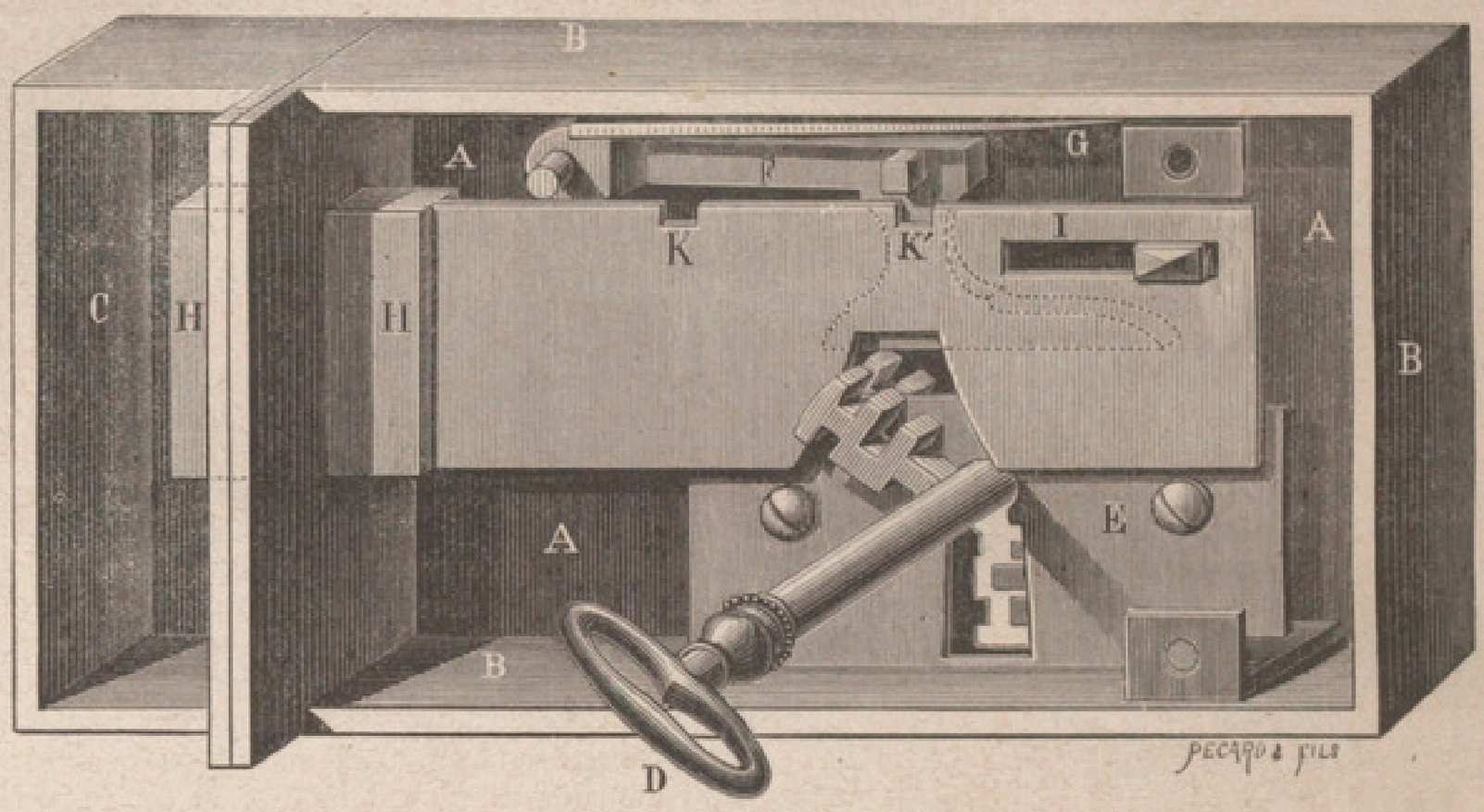


Fig. 17.

Le *verrou* est la serrure réduite à sa plus simple expression. Il se compose d'une barre de fer qui glisse dans des *cramponnets* et qui ferme une porte ou une fenêtre. Le verrou peut être horizontal ou vertical; on le fait marcher avec la main, avec une clef ou avec une bascule. Les verrous de sûreté sont mus par une clef qui leur est particulière.

Le *loquet* (fig. 18) est, de même que le verrou, une serrure excessivement simple; il n'opère pas de fermeture, il ne sert qu'à retenir la porte dans sa position.

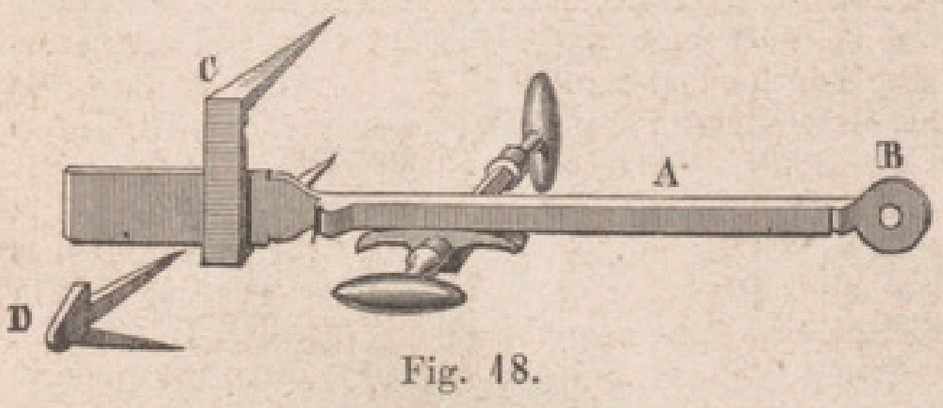


Fig. 18.

Le *bec-de-cane* est une serrure dont le pêne *à demi tour* est taillé en chanfrein; de sorte qu'en poussant la porte elle se ferme d'elle-même, le pêne étant continuellement poussé par un ressort. Le bec-de-cane proprement dit n'a pas de clef, il s'ouvre avec un bouton.

La *serrure à un tour et demi* renferme, comme le bec-de-cane, un pêne poussé par un ressort, et tellement disposé qu'il est poussé au-dehors de la serrure par un tour de clef.

La *serrure à pêne dormant* est celle dans laquelle le pêne ne sort que quand il est poussé par une clef, elle peut être à un tour et demi ou à deux tours.

La *serrure à deux tours et demi* se compose de la serrure à pêne dormant et du bec-de-cane réunis; le pêne est mis en mouvement par une clef à deux tours, et le bec-de-cane par une clef ou un bouton.

Lorsque la clef est *forée*, la serrure porte une *broche* dans laquelle la clef entre; ce sont les *serrures à broches*. D'autrefois la clef n'est pas forée, l'extrémité est formée en bouton et tourne dans un trou pratiqué au fond de la boîte : ce sont les *serrures bénardes*, elles s'ouvrent des deux côtés.

Toutes les serrures que nous venons de passer en revue renferment un pêne qui sort de la serrure et vient s'engager dans la gâche qui est à scellement, à pointes ou à vis.

Il existe un autre genre de serrures dans lesquelles le pêne reste toujours enfermé dans la serrure : il faut que la pièce qui lui sert de gâche porte des anneaux plats qui entrent par des ouvertures pratiquées dans le corps de la serrure; on les nomme des *aubernons*. Les cadenas, les serrures de coffrets, etc., etc., rentrent dans cette classe.

Il y a un troisième genre de serrures que l'on nomme *serrures à combinaison*. Ces serrures se composent d'un mécanisme dont les pièces doivent s'ajuster dans certaines positions pour que la serrure puisse s'ouvrir.

Parmi ces serrures, les unes s'ouvrent avec une clef, d'autres s'ouvrent d'elles-mêmes quand la combinaison en a été convenablement placée.

Il y a enfin un quatrième genre de fermeture qui porte le nom de *secret*. Ce nom lui vient de ce que, pour ouvrir une porte fermée à secret, il faut agir d'une certaine manière pour parvenir à les ouvrir. Une fois ce secret connu, la fermeture devient inutile.

Nous avons vu précédemment que les serruriers mettaient dans l'intérieur de leurs serrures des feuilles de tôle contournées, nommées gardes, qui s'opposent au mouvement de toute clef qui ne porte pas les entailles nécessaires pour les laisser passer.

Les serruriers, pour donner plus de sûreté à leurs serrures, ont varié à l'infini la forme des gardes. Ils ont même fait des serrures dans lesquelles ces gardes sont *mobiles*. Mais, quelque compliquées que soient les serrures à gardes, il n'en est aucune qui soit réellement de sûreté; elles le sont toutes de nom, mais aucune ne l'est en réalité. Il suffit, en effet, d'examiner l'interieur d'une serrure pour être convaincu qu'elle ne donne aucune garantie de sûreté. Les voleurs, aidés de leurs rossignols, parviennent à ouvrir les serrures que l'on croyait inviolables par suite de la complication de leurs gardes. (Voy. *Complément*, art. SERRURERIE.)

Enfin, si les gardes sont tellement compliquées que les rossignols ne puissent arriver jusqu'au pêne, ils reviennent à la porte à plusieurs reprises, et font si bien qu'à la fin ils fabriquent une clef parfaitement appropriée à la serrure.

On voit donc que les *serrures ordinaires*, que les *ser-*

SERRURERIE.

rures dites de sûreté ne mettent nullement les propriétaires à l'abri des tentatives des voleurs.

Restent, par conséquent, les serrures à combinaisons. Nous avons vu que ces serrures se divisaient en deux genres : dans le premier, se trouvent les serrures que l'on ouvre avec une clef construite d'une manière particulière et qu'il est impossible d'imiter si on a le soin de ne pas la laisser voir à tout le monde. Dans le second se trouvent celles qui s'ouvrent en plaçant les pièces qui les composent dans des positions connues seulement du propriétaire.

Le *cadenas à lettres*, serrure à combinaison du second

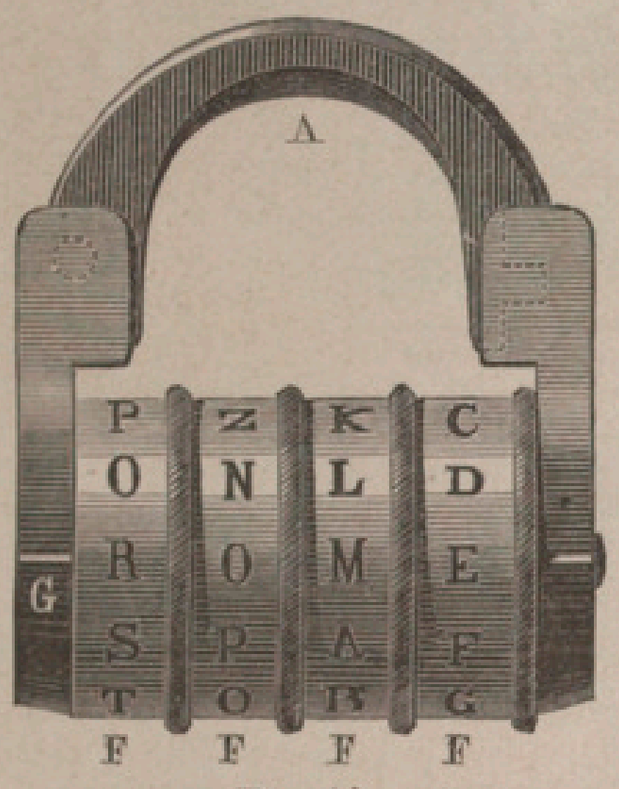


Fig. 19.

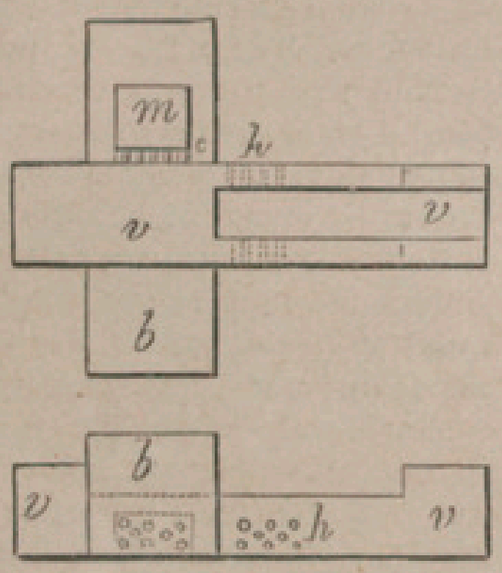
genre (fig. 19), se compose de quatre ou plusieurs viroles qui portent les lettres de l'alphabet ou des signes quelconques. Le cadenas ne peut s'ouvrir que quand les quatre signes voulus sont sur une même ligne, dont la direction est tracée sur chacune des plaques qui terminent le cadenas. (Voy., *Complément*, l'explication détaillée de ce genre de cadenas.)

On a construit des serrures sur le même principe : les viroles étaient sur une même ligne, et le pêne, entaillé comme un peigne, ne pouvait se dégager que quand elles étaient placées sur les caractères convenables.

Ces cadenas ou serrures, pour répondre à la sûreté qu'on en attend, doivent être parfaitement construits; malheureusement c'est ce qui n'arrive presque jamais. Or, rien n'est plus facile que d'ouvrir un cadenas à lettres mal construit.

Les serrures à combinaison du premier genre, c'est-à-dire celles qui s'ouvrent avec une clef, présentent plus de sûreté. La première serrure à combinaison connue est la serrure égyptienne. Cette serrure, remarquable par sa simplicité et sa sûreté, se compose (fig. 20) d'un verrou *v*, passant dans une mortaise pratiquée dans une pièce *b*. Sa course est bornée par une encoche qui vient s'appuyer contre les bords de la mortaise. Dans la pièce *b* on a pratiqué une ouverture *o*, recevant une petite pièce de bois carrée *m*, placée au-dessus du verrou. Cette pièce est garnie de chevilles irrégulièrement placées, et qui répondent à des trous percés dans la partie *h* du verrou. Le verrou lui-même est percé d'un trou longitudinal recevant la clef (fig. 21), qui est en bois, ainsi que tout l'appareil, et qui porte à son extrémité des chevilles disposées de la même manière que les trous pratiqués dans la partie *h* du verrou. Afin que les chevilles plantées dans la pièce *m*, les trous du verrou en *h* et les chevilles de la clef se correspondent, on place ces trois pièces l'une sur l'autre, et on perce les trous du même coup. Supposons que le verrou soit poussé de manière que l'encoche vienne toucher la mortaise : les trous *h* du verrou répondant aux chevilles fixées dans la pièce *m* tombante, et cette pièce descendant par son poids, le verrou se trouve évidemment arrêté. Pour le faire mouvoir, il faut se servir de la clef : pour cela, on l'introduit dans le trou du verrou jusqu'à ce qu'elle touche le fond ; on la soulève, et, comme les chevilles dont elle est garnie répondent aux trous du verrou, toutes les chevilles de la pièce *m* sont soulevées à la fois ; d'un autre côté, les chevilles de la clef étant d'une hauteur égale à l'épaisseur de la partie *h* du verrou, les chevilles *c* sont soulevées au-dessus du verrou, et, en tirant la clef, on entraîne le verrou, qui n'est plus retenu par les chevilles de la pièce *m*.

Fig. 20.



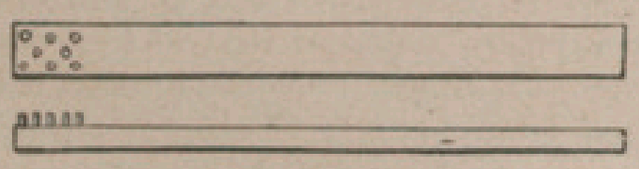


Fig. 21.

Fig. 22.

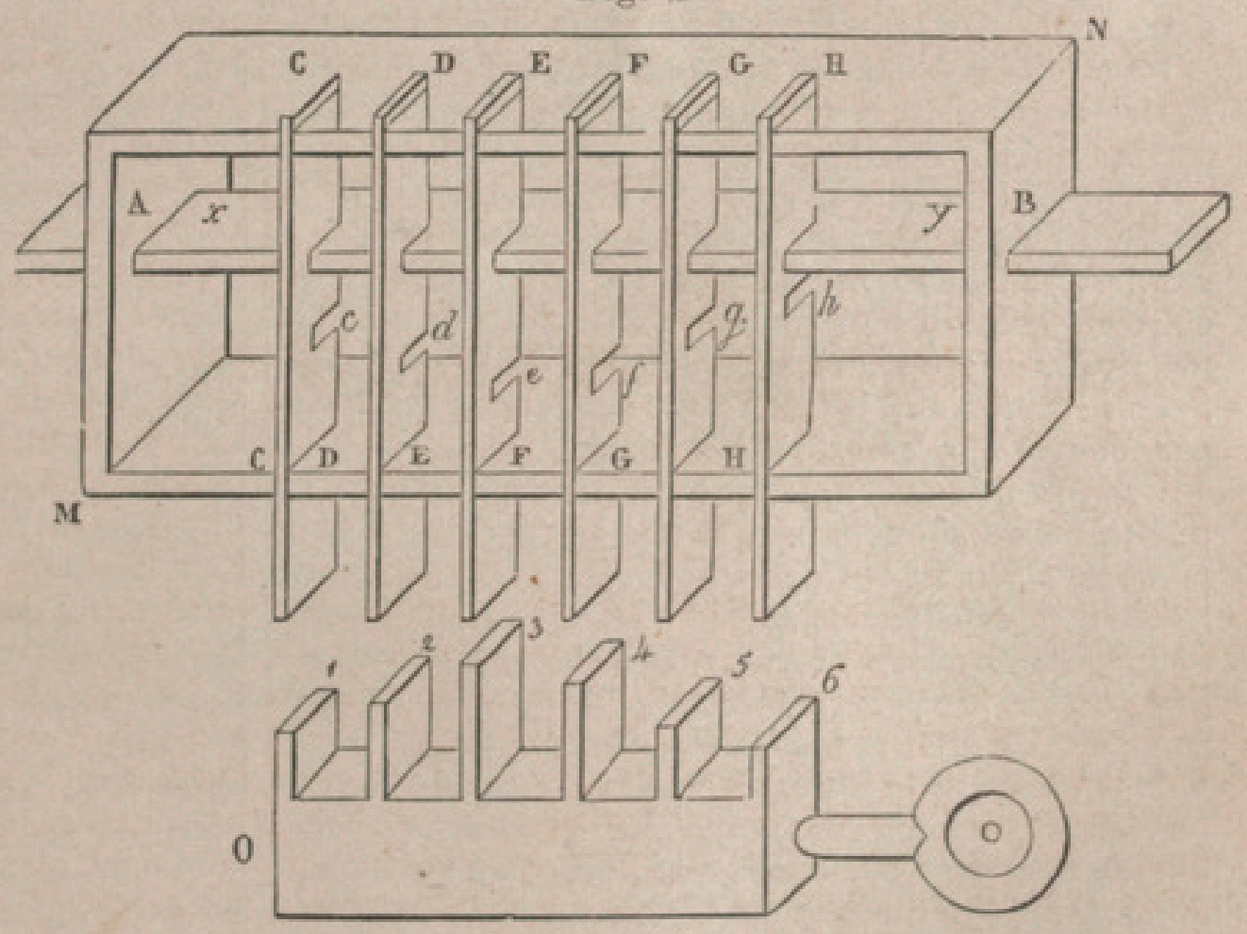


Fig. 23.

Plusieurs serrures à combinaison ont été construites d'après le même principe : nous ne les décrirons pas toutes ici. Parmi ces serrures, celle qui mérite la préférence est sans contredit celle inventée par Joseph Bramah, mécanicien anglais. Si on a le soin de ne pas laisser la clef d'une semblable serrure à la disposition de tout le monde, on peut être assuré d'avoir une serrure tout à fait incrochetable. Sa construction repose sur le principe suivant :

Soit (fig. 22) un cadre rectangulaire M N, dans les

SERRURERIE.

deux petits côtés duquel on a pratiqué deux rainures A, B, dans lesquelles se meut horizontalement un pêne *x y*. Si, sur chacun de ces grands côtés, on fait six entailles C, D, E, F, G, H, et qu'on place dans chacune d'elles une lame d'acier ou de bon fer qui puisse se mouvoir librement et presque sans jeu dans les entailles, le pêne *x y* ne pourra avoir aucun mouvement en avant ou en arrière si ces lames se trouvent engagées dans autant d'entailles qu'on en a pratiqué dans sa longueur, vis-à-vis chacune des lames. Mais si ces lames portent à différentes hauteurs des entailles *c*, *d*, *f*, *g*, *h*, de la même profondeur dont elles s'engagent dans le pêne, celui-ci sortira avec facilité quand on aura élevé toutes ces lames de manière à ce que les entailles qu'elles portent se trouvent toutes dans la même ligne horizontale que parcourt le pêne. On produit cet effet d'un seul coup en employant une clef (fig. 23) O O, dont les pannetons 1, 2, 3, 4, 5, 6, sont tous d'une longueur inégale et correspondant à la distance où les entailles des lames se trouvent du pêne *x y*.

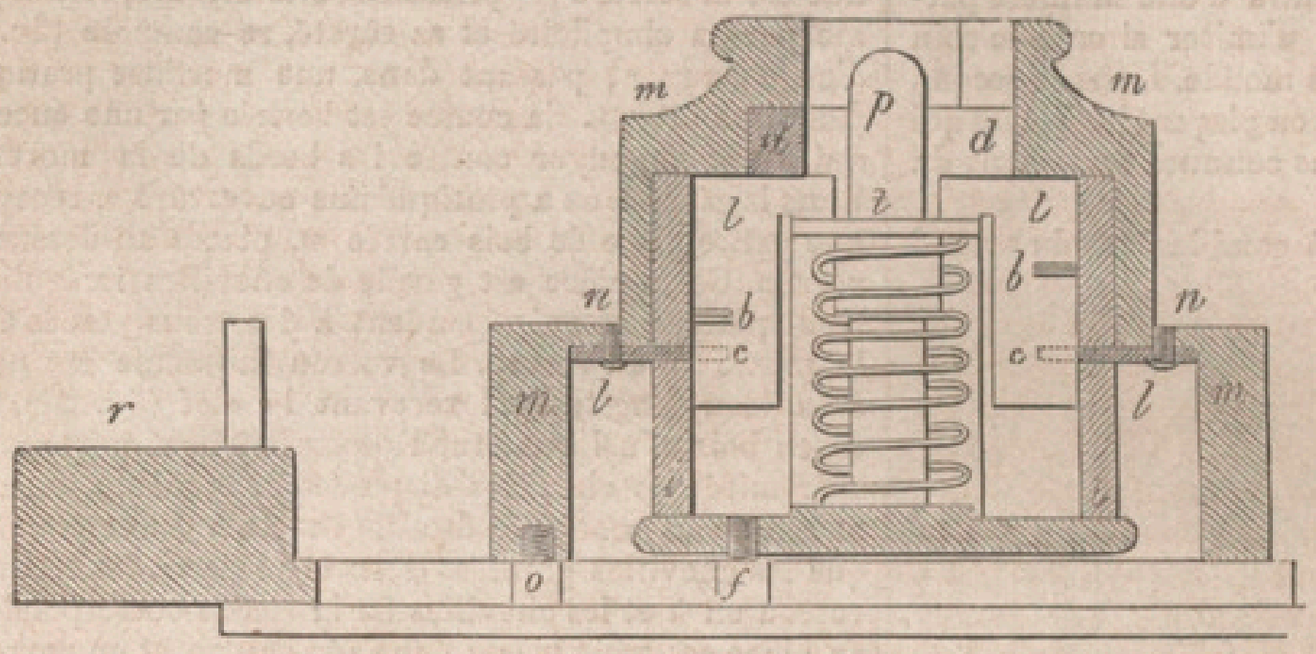


Fig. 24.

Nous allons maintenant indiquer l'application que Bramah a faite de ce principe à la construction de la serrure qui porte son nom.

La fig. 24 montre la coupe de la serrure entière; la figure 25 est le plan du barillet ou partie mobile de la serrure; la fig. 26 est le plan de la plaque fixe qui empêche le barillet de tourner toutes les fois que l'on ne fait pas usage de la véritable clef de la serrure; la fig. 27 représente la clef avec ses entailles et son panneton; la fig. 28 est le plan du pêne.

Un cylindre est ajusté, à frottement doux, dans une masse de laiton *m m*, qui sert de couvercle à toute la serrure. Au milieu de ce cylindre, que l'on nomme barillet, et dans le sens de son axe, est creusé un trou cylindrique capable de recevoir la broche *p* avec son plateau *t*, et le ressort à boudin *a*. La broche est rivée sur le plateau inférieur, ou mieux ajustée à vis. La broche *p*, le plateau *t* et le ressort à boudin *a* sont en acier. Le plateau *t* porte un canon qui lui permet de glisser librement et sans jeu le long de la broche *p* qui est parfaitement cylindrique et polie. Le ressort *a* tend continuellement à pousser le plateau *t* vers le bord de la broche *p*, et c'est par le mouvement de compression que la clef lui imprime qu'elle met en prise toutes les pièces qui composent l'appareil, afin d'en obtenir les effets assurés qu'on en attend.

La fig. 25 montre le plan de la partie supérieure du barillet *t* sans la broche *p*. On y voit les huit lames d'acier, *l*, *l*, qui constituent le jeu de la machine. Ces huit lames, que l'on voit en élévation en *l* (fig. 24), appuient, par un talon ménagé dans leur partie supérieure, sur le dessus du plateau *t*, et l'on voit sur chacune d'elles des entailles *b*, *b*, à différentes hauteurs. Ce sont ces lames qui empêchent le barillet de tourner autour de la broche *p*, à moins que les entailles de chacune d'elles ne se trouvent toutes dans le plan de la pièce d'acier, que l'on voit en plan fig. 26. Ce sont les entailles faites au bout de la clef en *o* (fig. 28), en sens inverse de la distance où elles se trouvent de la plaque *c*, *c*, lorsqu'elles sont toutes élevées à la même hauteur par l'effet de la réaction du ressort à boudin; ce sont ces entailles, disons-nous, qui ramènent toutes les entailles *b*, *b*, dans le plan de la plaque circulaire *c*, *c*, par l'effet de la pression du bout de la clef sur le plateau *t*, en comprimant le ressort à boudin *a*, jusqu'à ce que le panneton *s* de la clef se trouve engagé dans la rainure *d*, *d*, d'où il ne peut sortir sans que la clef ait fait un tour entier en avant, ou qu'elle retourne en arrière pour se présenter devant la seule issue qui lui est ménagée, et alors le ressort à boudin *a*, réagissant librement, la repousse fortement et la fait sortir d'elle-même de l'entrée de la serrure.

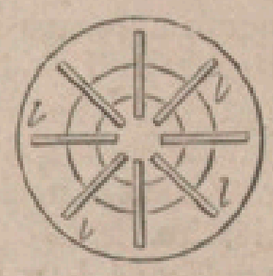


Fig. 25.

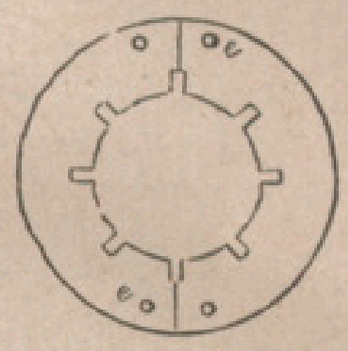


Fig. 26.



Fig. 27.

Au-dessus du barillet *i*, *i*, se trouve une vis *f*, taraudée dans la base du barillet, et dont la tête est cylindrique et saillante de toute l'épaisseur de la queue *g* du pêne *r*. Lorsque la clef est enfoncée suffisamment pour que son panneton puisse s'engager sous la rainure *d*, alors les échancrures des lames d'acier se trouvent dans le même plan que la lame *c*, *c*, le barillet peut tourner,

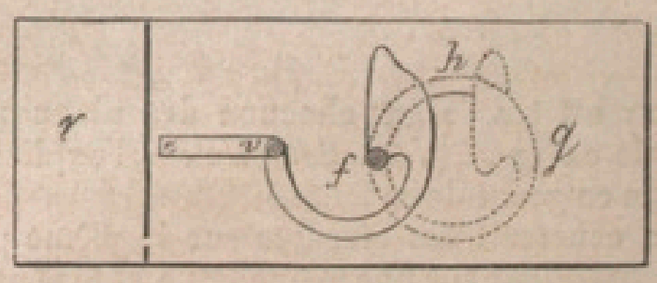


Fig. 28.

et la tête de la vis *f* décrit un cercle (fig. 28). La fig. 28, qui représente le plan du pêne, montre la position qu'il a quand la serrure est fermée. On y voit la

SERRURERIE.

place de la vis *f* dans cette position. Les lignes ponctuées, dans cette figure, indiquent le chemin que parcourt la même vis en entraînant avec elle le pêne pour lui imprimer une marche rétrograde. En tournant en sens inverse, la vis appuie au point *h*, et elle ne peut achever sa course sans entraîner avec elle le pêne de la même quantité dont elle l'a fait avancer lorsqu'on l'a fait agir dans l'autre sens. La tête de la vis *v* ne sert, en parcourant l'entaille *e v*, qu'à empêcher le pêne de vaciller à droite ou à gauche.

D'après ce que nous venons de dire, on voit que cette serrure est réellement incrochetable : il est impossible d'y indroduire un rossignol, la véritable clef seule peut entrer. Pour qu'un voleur parvînt à l'ouvrir, il faudrait :

1° Qu'il eût une clef forée d'un trou égal à la grosseur de la broche, et tel qu'il lui restât assez de profondeur, après que la clef s'est appuyée sur le plateau *t*, pour enfoncer les lames d'acier *l*, *l*, assez bas pour que leurs entailles soient dans le plan de la plaque *c*, *c*.

2° Qu'il devinât où doit être placé le panneton *s* de la clef, pour qu'en l'enfonçant les entailles qu'il aurait faites au bas de la clef pussent recevoir les extrémités des petites lames d'acier; mais ce panneton peut être placé à tous les points de la circonférence du bas de la clef. Il faudrait en outre qu'il devinât quel est l'enfoncement indispensable à donner à chacune des entailles de la clef pour ramener l'entaille de chaque lame d'acier dans le plan de la plaque *c c*. Et comment le connaîtra-t-il cet enfoncement?

Un seul moyen reste au voleur pour atteindre son but. Ce moyen c'est de fabriquer une collection complète de clefs dont chacune lui présenterait une des nombreuses solutions qui peuvent se présenter... En outre, il faut supposer qu'on lui laissera le temps d'en essayer successivement plusieurs...

Nous indiquerons en peu de mots la construction de ces serrures incrochetables.

On fait fondre le barillet et le couvercle en laissant assez de matière pour les tourner. Le barillet est en deux pièces : le corps du cylindre et le fond. Le corps du cylindre porte une saillie en retraite *d d;* cette saillie sera entaillée verticalement pour recevoir le panneton *s* de la clef. Le fond du barillet se tourne à part, s'ajuste à sa place et se fixe au cylindre *i i* par trois vis que l'on ne voit pas. On laisse un trou au centre pour le tarauder et y ajuster à vis la broche *p*.

Le couvercle *m* s'ajuste pareillement sur le tour, de manière à ce que le barillet concorde parfaitement avec le couvercle dans toutes ses parties depuis l'angle *n n*, jusqu'au haut.

Au-dessous de l'angle *n n*, on laisse tout autour du barillet une large ouverture cylindrique, nécessaire pour placer la pièce d'acier *c c*, qui est en deux morceaux et fixée par quatre vis.

Le couvercle étant ajusté avec le barillet, on renverse ces deux pièces ensemble, et l'on fait sur la circonférence extérieure du barillet une marque au niveau de l'angle inférieur *n*. On fait sur le tour et à la place de la marque, avec une *échoppe* d'une largeur égale à l'épaisseur de la plaque *c c*, une rainure d'une profondeur suffisante pour que la plaque d'acier *c c* y entre librement et n'y soit pas gênée.

On passe ensuite aux entailles nécessaires pour recevoir les lames *l*, *l*: pour cela, on se sert de l'outil à fendre de l'horloger qu'on nomme *machine à diviser;* on fixe sur le tasseau le cylindre par son fond, qui y est déjà ajusté, et à l'aide d'une *fraise* de l'épaisseur qu'on veut donner aux lames, on fend en 4, en 6 ou en 8, depuis la saillie en retraite jusqu'au-dessous de la lame qui doit le plus s'enfoncer. On sent que ces lames n'ont pas besoin de dépasser de beaucoup la plaque *c c*, et pourvu que celle qui correspond à l'entaille la moins profonde de la clef conserve dans sa plus grande ascension 1 ou 2 mill. jusqu'au-dessous de la plaque *c c*, cela suffit et le cylindre conserve alors une grande solidité.

Après cela, on ajuste les lames *l*, *l*, sans leur faire aucune entaille et on les fait jouer en présentant la clef. On sent combien cela est facile, puisqu'elle est dirigée: 1° par la broche *p*, 2° par l'entaille *d* qui reçoit le panneton *s*, et 3° par les entailles pratiquées au bout de la clef qui font descendre plus ou moins les lames. On enfonce la clef jusqu'à ce que le dessus du panneton *s* soit de niveau avec le dessus de la saillie en retraite *d d;* comme dans cette opération le barillet est séparé du couvercle *m*, le panneton ne trouverait aucun arrêt et la clef, poussée par le ressort à boudin qu'on a comprimé, serait repoussée par la réaction de ce ressort aussitôt qu'on la lâcherait. Pour la tenir dans cette position, on fixe le barillet surmonté de la clef dans un petit outil qui l'embrasse sous son fond et comprime la clef par-dessus à l'aide d'une vis de pression.

Alors, avec une petite fraise montée sur un arbre et placée sur le tour, on fait, par l'ouverture circulaire pratiquée au barillet, vis-à-vis de l'angle inférieur *n*, et dans chacune des lames, une entaille assez profonde pour ne pas gêner la plaque *c c* et pour que les lames elles-mêmes ne soient pas gênées; inutile de dire que la fraise doit être de la même épaisseur que la plaque *c c*. On voit donc qu'en faisant les entailles à la clef avant de les faire dans les lames, il n'est rien de plus aisé que de faire avec précision ce qui est le plus difficile dans la construction de ces serrures.

L'intérieur de la serrure étant construit, il s'agit d'achever le couvercle. On entaille le fond de manière à y laisser passer librement et sans jeu la queue du pêne ; le pêne s'y meut comme dans une coulisse. On découpe dans la queue du pêne une entaille comme on la voit dans la fig. 28, pour que la tête de la vis *f* puisse lui imprimer un mouvement de va-et-vient.

On fixe ensuite le tout sur la plaque de serrure. On a une plaque de laiton fondu coudée à angle droit. Après y avoir pratiqué le passage de la tête du pêne, on pose le couvercle à plat dessus en recouvrant la queue du pêne, et après avoir percé deux trous diamétralement opposés dans les deux blocs de matière qui dépassent la largeur du pêne, on y place deux vis à têtes noyées. Par cette disposition les vis sont cachées et ne peuvent être saisies par les voleurs. On pratique ensuite quatre trous dans la plaque de la serrure. Ces trous reçoivent des vis qui fixent la serrure contre le tiroir, la porte de l'armoire etc., etc. La tête de ces vis étant dans l'intérieur de l'appartement, il en résulte que les voleurs n'ont aucune prise sur elles du dehors.

On fait, d'après ce principe, des grandes serrures de portes cochères qui s'ouvrent avec de très-petites clefs. On peut, à ces serrures de Bramah, ajouter des secrets, ce qui les rend bien plus sûres encore; on peut en laisser la clef sur la porte sans qu'on puisse l'ouvrir. (Voy. *Complément*, art. SERRURERIE, les progrès accomplis dans la construction des serrures pour coffres-forts, etc.)

Pose des sonnettes. — La pose des sonnettes est une partie de l'art à laquelle les serruriers attachent beaucoup d'importance. Rien cependant n'est plus facile que de changer la direction d'un mouvement rectiligne au moyen de leviers coudés ou de poulies de renvoi. Tout consiste à faire agir les leviers ou poulies dans le plan des deux directions que l'on veut donner au fil de fer.

Les leviers coudés que les serruriers emploient, connus sous le nom de *mouvements de sonnette*, sont de petits triangles en fer et en cuivre qui roulent par le sommet d'un de leurs angles sur une petite broche piquée dans le mur. Quelques-uns sont horizontaux, d'autres sont verticaux.

L'ouvrier doit s'arranger de manière à disposer sa transmission suivant les localités et à faire suivre au fil

SERRURERIE.

la direction qu'elles exigent. Pour cela, il est forcé de percer des trous dans les murs, les cloisons, etc., etc. Il doit donc être muni de tous les appareils nécessaires à cet effet.

Pour peu qu'il y ait trois ou quatre mouvements, on éprouve un peu de roide dans le jeu de la sonnette, par suite du frottement de ces mouvements sur leurs axes, et des frottements du fil de fer dans les trous qu'il traverse. Pour aider à l'effort du ressort auquel la sonnette est attachée, on place dans la direction même du fil des ressorts en fer ou en cuivre composés d'un fil de fer ou de cuivre enroulé en hélice sur un cylindre; c'est ce que l'on appelle les ressorts à boudin.

Les mouvements dont nous venons de parler sont toujours apparents; cela produit un mauvais effet, surtout dans les appartements à corniches. On remédie à cet inconvénient en les remplaçant par des poulies qui se logent dans les cavités pratiquées dans les angles des murs, qu'on recouvre ensuite avec une feuille de tôle dans laquelle on pratique une ouverture pour laisser passer les deux fils.

Mémoires des serruriers. — Nous terminerons ce qui a rapport au serrurier en bâtiments par quelques considérations sur l'estimation des ouvrages de serrurerie; nous dirons ensuite quelques mots sur la manière de régler les mémoires, partie qui intéresse non-seulement les serruriers, mais encore ceux qui les font travailler.

La serrurerie a deux genres de fournitures : le premier renferme les ouvrages faits sur commande et à la convenance des localités, ce sont les *ouvrages de forge;* le second comprend les objets fabriqués connus sous la dénomination de *quincaillerie.*

Il est difficile d'évaluer d'une manière bien exacte le prix de revient des ouvrages de forge. Pour 100 kil. de gros fer mis en place, par exemple, ce prix se compose :

1° Du prix de la matière première, qui varie à chaque instant, et qui aujourd'hui est réglé à des prix tellement bas, qu'il est bien difficile à un serrurier de faire du bon pour ce prix. Pour obtenir une pièce en fer forgé pesant 100 kil., il faut employer plus de 100 kil. de fer brut. On a reconnu, en effet, que pour obtenir 100 kil. de fer forgé, il fallait employer 103 kil. de fer brut. Il y a donc là 3 kil. de fer perdu; c'est ce qui constitue le *déchet.* Ce déchet est excessivement variable; il dépend de la qualité du fer, de celle du charbon, et surtout de l'habileté du forgeron. Dans tous les cas, il doit entrer dans le prix du compte de revient.

2° Du prix du charbon consommé par la forge.

3° Du prix de la main-d'œuvre, dans laquelle se trouve compris le temps employé par le forgeron et son aide pour préparer la pièce.

4° Du prix de la pose, dans lequel on ne comprend que le temps employé par l'ouvrier pour poser l'ouvrage sur place.

5° Enfin de faux-frais, dans lesquels on comprend : 1° la location de la boutique; 2° la patente et les impôts; 3° l'établissement et l'entretien des forges et de leurs accessoires; 4° le transport des ouvrages faits de l'atelier au bâtiment.

Les auteurs varient sur le chiffre que l'on doit allouer aux entrepreneurs pour le déchet et les faux-frais ; tous accordent 1/6e du tout pour le bénéfice. Morizot admet 1/10e pour le déchet et 1/5e de la main-d'œuvre pour les faux frais. Toussaint accorde 1/6e de la main-d'œuvre pour les faux-frais.

L'évaluation des ouvrages de quincaillerie est beaucoup plus facile; elle se compose :

1° Du prix d'acquisition principale ;

2° De celui des menues fournitures, accessoires à certaines pièces et servant à leur pose, comme les vis, les clous, etc., etc. ;

3° Enfin du prix de la pose.

Il y a, en général, trois manières de compter les ouvrages de serrurerie. Les uns se comptent aux poids : ce sont les grosses pièces, les *ancres*, *chaînes*, etc. ; les autres à la mesure linéaire, telles sont les *rampes d'escalier*, les *espagnolettes*, etc. D'autres, enfin, se comptent à la pièce : ce sont les objets fournis en partie par la quincaillerie, les *serrures*, *pommelles*, etc.

Nous ne déterminons ici aucun prix ; ils sont, en effet, si variables, qu'on ne sait pas aujourd'hui ce qu'ils seront dans deux ou trois mois.

Dans tout ce que nous venons de dire, on suppose toujours que les fournitures sont faites dans les premières qualités. Lorsqu'elles seront de qualité inférieure, l'architecte diminuera de 1/5, 1/4 et même 1/2 du prix de fourniture ; si l'ouvrage est mal fait, il le refusera.

Il faut une bien grande habitude des détails de serrurerie et avoir l'œil bien exercé, pour ne pas se laisser imposer par les *énonciations amplifiées* de MM. les serruriers. On rencontre quelquefois des entrepreneurs qui demandent, dans plusieurs articles de leurs mémoires, la fourniture d'un objet. Pour une serrure, par exemple, ils compteront : 1° la *fourniture*, 2° l'*entrée*, 3° les *boulons*, 4° les *vis*, 5° la *gâche*, 6° la *pose*. Leur but est évidemment d'obtenir un prix plus élevé que celui qui est dû. Pour les menues réparations d'objets composés de plusieurs pièces cachées, comme les serrures, on rencontre encore des serruriers qui divisent une légère réparation en plusieurs articles, qui, réunis ensemble, donnent un total excédant de beaucoup le prix du même ouvrage neuf.

C'est au vérificateur à rassembler en un seul article tout ce qui appartient au même objet, et qui a été livré en même temps, comme la serrure et ses accessoires ; il ne doit régler à part que les objets de façon, c'est-à-dire ceux qui ont été *faits exprès* pour le besoin spécial de l'emplacement.

2e SECTION. DU SERRURIER-CHARRON. — Le serrurier-charron s'occupe de tout ce qui a rapport au ferrage des voitures. De tous les ouvrages qu'il emploie, il en est trois qui sont exclusivement fabriqués par lui; les autres peuvent l'être par les serruriers en bâtiments : ces ouvrages sont les *essieux*, les *cols de cygne* et les *ressorts*.

On donne le nom de col de cygne à toute courbure que l'on fait subir à une tringle de fer, et qui imite plus ou moins la forme du cou d'un cygne. Les ferrures de ce genre sont d'un emploi fréquent dans la carrosserie et, étant employées brutes des forges, exigent pour les voitures de luxe une grande habileté chez les forgerons. Dans une voiture, on appelle col de cygne la pièce en fer qui marie l'*avant-train* à l'*arrière-train ;* elle a pour but de former une courbe assez élevée pour permettre aux roues de l'avant-train de passer dessous, disposition qui permet à l'avant-train de pivoter sur la cheville ouvrière, et à la voiture de tourner comme s'il n'y avait que deux roues.

Le col de cygne se fabrique en plaçant une barre de fer de Berry entre deux barres de fer de roche. Ces trois barres sont bien forgées, bien soudées ensemble à la chaude-suante, et amenées à une grosseur qui, suivant la force de la voiture, varie de 0m,04 à 0m,05 d'équarissage. Le col de cygne se fait en deux parties, celle du devant et celle de derrière. Quand la pièce est forgée, on lui donne la courbure nécessaire, courbure qui est déterminée par la forme de la voiture et la hauteur de ses roues. Cela fait, on soude les deux parties ensemble ; on chauffe au rouge cerise ; on forge pour donner définitivement à la pièce la forme et la grosseur voulues; puis on pousse dessus les ornements, s'il doit y en avoir.

Les *ressorts de voitures* sont des assemblages de feuilles minces d'acier, ayant de 3 à 7 millimètres d'é-

paisseur sur 6 à 8 centimètres de large, qui, par leur élasticité, adoucissent la transmission du choc des roues sur les corps durs.

Les ressorts anciens étaient construits avec une portion de cercle sur laquelle s'enroulait une courroie en cuir qui supportait la voiture. Cette courroie se fixait à un petit cric attaché aux patins derrière le ressort. Il y avait, en général, quatre ressorts par voiture. Aujourd'hui, on donne une autre forme aux ressorts des voitures ; on les fait droits, comme dans les locomotives.

Le ressort est composé de plus ou moins de feuilles d'acier, suivant le poids de la voiture. Les petits en ont cinq, les forts en ont dix, quelquefois douze.

Pour faire un ressort, le serrurier commence par déterminer le diamètre de sa courbure et la longueur de sa queue. Ces deux quantités connues, il en déduit la longueur de la première feuille, qui évidemment sera la plus grande.

Il forme et il lime cette première feuille pour lui donner la forme voulue. La pièce étant préparée, il la place dans une étampe; puis à quelques centimètres de l'extrémité de la feuille, et au milieu de sa largeur, il fait un petit bouton nommé ***tétion***. Ce tétion a une saillie de 6 à 8 millim. et une épaisseur de 8 à 4 millim.

La seconde feuille, plus courte que la première, se pose dessus ; on fait à 5 ou 6 centim. de son extrémité, et au milieu de sa largeur, une mortaise longitudinale de 4 ou 5 millim. de large sur $0^m,030$ à $0^m,035$ de long, dans laquelle entre le tétion de la première feuille. A 5 ou 6 centimètres de la mortaise, et toujours au milieu de la largeur de la feuille, on fait un petit tétion, qui a la même dimension que celui de la première feuille, et qui entrera dans la mortaise longitudinale que l'on pratiquera au milieu de la largeur et à quelques centimètres de l'extrémité de la troisième feuille, qui, plus courte que la seconde, se posera également dessus. On continuera ainsi jusqu'à la dernière feuille, qui est la plus courte, et qui porte une mortaise longitudinale sans avoir de tétion. Le tétion a pour but de permettre aux feuilles du ressort de prendre un petit mouvement d'oscillation sans avoir un mouvement latéral.

Quand les feuilles sont ainsi superposées, on pratique, au tiers environ de la plus grande feuille, une mortaise qui traverse toutes les feuilles : c'est là que se place le *collier* du ressort. A partir du collier, on pratique d'autres mortaises pour fixer le ressort sur la voiture : le nombre de ces mortaises varie avec le nombre des points d'appui dont on peut disposer.

Cela fait, on cintre la maîtresse tige en lui donnant la courbure voulue ; les autres se modèlent évidemment sur elle. Quand elles sont bien cintrées, on les trempe en paquet au rouge-cerise ; on les recuit légèrement afin d'égaliser la trempe. Il ne reste plus qu'à les poser.

L'*essieu* constitue une partie essentielle de la voiture ; c'est sur lui que repose la charge, et ce sont ses extrémités qui servent d'axes aux roues de la voiture.

Un essieu se compose de deux *fusées coniques*, ordinairement tournées, qui entrent dans une boîte en métal fixée dans le moyeu de la roue, et du *corps de l'essieu*, habituellement de forme rectangulaire, sur lequel se placent les brancards ou les ressorts de la voiture. Les extrémités des fusées sont traversées par des chevilles en fer, ou elles sont garnies d'*écrous taraudés*, l'un à droite, l'autre à gauche, pour retenir les roues.

Les essieux se font en *bois*, en *fer* et quelquefois en *acier*.

Les essieux en bois ne sont guère employés que pour les voitures de la campagne et les petites voitures comtoises traînées par un cheval. Les fusées sont garnies au-dessous d'une bande de fer, dont l'extrémité, façonnée en virole, lie le bout de l'essieu et porte le trou de la cheville.

Les essieux en fer sont plus généralement employés.

On les fait de plusieurs barres de *fer méplat*, de la meilleure qualité possible, qu'on forge ensemble en ayant soin de diriger *leurs champs* dans le sens de l'effort qui se produit de bas en haut.

L'expérience a appris aux forgerons les dimensions qu'il faut donner aux essieux pour supporter une charge voulue. Ils doivent pouvoir supporter la voiture non seulement quand elle est en repos, mais encore quand elle est en mouvement, ce qui est bien différent ; car dans le premier cas il y a une simple pression, dans le second il y a pression et percussion sans cesse répétée, et qui s'accroît avec le mauvais état du chemin. La solidité de l'essieu est une chose très importante ; de sa rupture résultent les plus graves inconvénients, tant pour les rouliers que pour les animaux qui traînent les voitures : il vaut toujours mieux donner plus que moins.

Dans le tableau suivant, nous donnons les dimensions que les charrons anglais donnent aux essieux des voitures qu'ils construisent :

NATURE des voitures.	Nombre des roues.	Charge sur chaque essieu.	Portée des essieux.	DIAMÈTRE	
				au gros bout.	au petit bout.
		k.	m.	cent.	cent.
Tilbury.....	2	104,5	0,30	3,8	3,2
Cabriolet....	2	296	0,23	4,1	3,5
Briska.....	4	235	0,20	4,1	3,5
Char-à-bancs.	4	248	0,23	4,5	3,8
Landau.....	4	400	0,23	5,1	3,8
Diligence....	4	382	0,28	5,7	4,1
Charrette....	2	609	0,29	6,4	3,4
Wagon.....	4	1015	0,33	7,6	6,4
Charrette de roulage...	4	1420	0,33	8,6	6,9

Pour une charrette pesant 10.000 et traînée par quatre chevaux, on donne au corps de l'essieu une section de $0^m,094$ sur $0^m,067$.

Les autres pièces employées au ferrage des voitures rentrent dans la catégorie des pièces fournies par les serruriers en bâtiments.

3e SECTION. DU SERRURIER-MÉCANICIEN. — Le serrurier-mécanicien est celui qui fait toutes les pièces en fer forgé qu'on lui commande, souvent même il fait des machines entières. Il doit savoir forger, limer, tourner le fer, l'acier, le cuivre, exécuter tous les travaux, posséder tous les outils de constructeur mécaniciens. Nous n'entrerons ici dans aucun détail sur ses attributions, et nous renverrons aux articles CONSTRUCTION DES MACHINES, MACHINES-OUTILS, TOUR, etc., de cet ouvrage.

Bien que l'art du serrurier soit très-ancien, il existe cependant bien peu d'ouvrages sur la serrurerie. Les seuls qui méritent d'être consultés sont les suivants :

Duhamel-Dumonceau. *L'Art du serrurier*, faisant partie de la collection des arts et métiers publiée par l'Académie.

Royau. *L'Art du serrurier*, 1 grand vol. in-fol., 1826.

Le baron de Grandpré. *Manuel théorique et pratique du serrurier*, 2e édition.

Thiollet. *Serrurerie et fonte de fer*, 1 vol. in-fol., 1826.

Eck. *De l'emploi du fer et de la fonte dans les constructions.*

A. CURTEL.

GROSSE SERRURERIE. — CONSTRUCTIONS EN FER. Les constructions métalliques s'exécutent en fonte, en fer proprement dit, en tôle ou en acier. Quoique les propriétés et le traitement industriel de ces diverses matières aient été étudiés en détail dans plusieurs articles de ce Dictionnaire, il convient de rappeler ici quelques faits essentiels pour le constructeur, car il importe de ne jamais perdre de vue que les formes de ses ouvrages ne peuvent pas être arrêtées sans tenir compte des propriétés physiques des matériaux et des nécessités techniques de la fabrication.

Nous présentons dans le tableau suivant le résumé d'un grand nombre d'expériences sur l'élasticité et la cohésion du fer et des métaux dérivés.

DÉSIGNATION des Auteurs DES EXPÉRIENCES.	TENSION.		COMPRESSION.		OBSERVATIONS.
	COEFFICIENT d'élasticité [1].	CHARGE de rupture en kilogr.	COEFFICIENT d'élasticité [1].	CHARGE d'écrasement en kilogr [2].	
Fonte.					1. Le millimètre est pris comme unité. 2. En prismes courts.
Hodgkinson. Maximum...	»	14	»	111	
— Moyenne....	9096	11.59	8804	63	
— Minimum....	»	9	»	45	
Collet Meygret et Desplaces.					
— Maximum...	12000	»	»	»	
— Moyenne....	6000	»	»	»	
— Minimum....	3000	»	»	»	
Love. Maximum.....	»	20.8	»	»	Fonte de Torteron (Berry).
— Minimum.....	»	14.41	»	»	
Presse hydraulique du pont de Menai.....	»	12	»	»	
Rondelet.....	9029	»	»	»	
	10653	»	»	»	
Navier.....	11000	»	»	»	
Tredgold.....	12144	»	»	»	
Fer.					
Expériences de Perronnet..	»	32.7 à 54.3	»	»	Fer français.
Minard et Desormes.....	»	29.9 à 44.5	»	»	Fer français.
Séguin aîné.....	»	29.7 à 61	»	»	Fer français.
Émile Martin.....	»	31.5 à 35.5	»	»	Fer à câble de Fourchambault.
Telford.....	»	45.2	»	»	Fer de Suède.
Tôle.					
Navier.....	»	40.8	»	»	Dans le sens du laminage.
Id.	»	36.4	»	»	Perpendiculairement au laminage.
Stephenson.....	»	26.4 à 31.57	»	»	Tôles anglaises.
Duleau.....	20000	»	»	»	M. Hodgkinson est arrivé sensiblement au même résultat.
Fairbairn.....	11500	»	»	»	Fers spéciaux.
Hodgkinson..... ..	»	»	14295	»	
Fil de fer.					
Séguin aîné.....	»	36.1	»	»	Fil de Bourgogne recuit.
Id.	»	73.7	»	»	Fil de Bourgogne non recuit.
Id.	»	51.9 à 89.8	»	»	Fil de Besançon.
Lamé.....	»	74.2 à 143.8	»	»	Fil de Russie.
Ardant....	18000	»	»	»	
Acier.					
Tenbrinck,.....	»	83.4	»	»	Acier anglais, roide.
—	»	48.6	»	»	Acier de Hombourg, très-doux.
—	»	73.2	»	»	Acier de Krupp, roide.
—	»	63	»	»	Acier de Krupp, doux.
Tresca.....	»	70.31	»	»	Fil d'acier.
—	18000	»	»	»	Limite d'élasticité = 40 kilogr.

Valeurs moyennes admises dans la pratique des constructions.

DÉSIGNATION DES MÉTAUX.	COEFFICIENT d'élasticité.	CHARGE permanente en kilogr.
Fonte	9000	3 à 3.50
Fer en barres	20000	6, 7, 8
Tôle	20000	6
Fil de fer	»	»
Bessemer	»	10 à 11
Acier	18000	14

Dans la pratique on ne fait supporter aux métaux que des charges permanentes égales au sixième de la charge de rupture.

Fonte. — Voir les articles *fonte*, *fonderie*, du Dictionnaire. — On n'emploie guère dans les constructions que la fonte grise. Sa densité moyenne est de 7,2. Son élasticité, sa ténacité et sa résistance à la rupture sont extrêmement variables.

Les différences considérables que l'on observe dans les résultats du tableau précédent, en ce qui concerne la fonte, peuvent être attribuées à sa provenance ou son mode de traitement; mais il est une autre cause d'incertitude qui a, dans la composition des ouvrages en fonte, une grande importance : c'est l'inégalité de constitution moléculaire due à l'opération du coulage ; elle est d'autant plus sensible que la forme des moules est plus compliquée et que l'épaisseur des pièces est plus grande. Au contact des parois froides du moule la fonte se solidifie plus vite; les molécules intérieures se trouvent dans un état inégal de tension mutuelle : il se produit une véritable trempe du métal des parois. Il faut donc éviter les pièces épaisses, à saillies vives et à contours brusques, et n'admettre que des formes simples et des épaisseurs faibles.

On remarque aussi que la fonte résiste à un effort de compression environ sept fois plus grand que l'effort de tension nécessaire pour la rompre. Elle est très-élastique; en admettant que son coefficient d'élasticité E est égal à 9,000, aussi bien pour la tension que pour la compression, en appelant P la charge d'une barre de fonte, A sa section, i son allongement relatif, on a :

$$i = \frac{1}{9000} \times \frac{P}{A}, \text{ soit } \frac{P}{A} = 3^{k},50, \; i = 0{,}000377.$$

Les défauts de la fonte sont très-difficiles à éviter et à reconnaître d'avance.

Elle résiste mal au choc ; elle peut s'obtenir avec économie par moulage sous des formes très-variées. Elle se conserve mieux que le fer, surtout dans l'eau.

On en fera avec avantage des supports, socles, sabots, piliers, des colonnes, en observant des proportions telles que l'on n'ait pas à redouter leur flexion, des poutres pleines de faible longueur, des arcs qui pourront atteindre les plus grandes portées, mais à la condition d'être disposés à la manière des voûtes, c'est-à-dire, n'ayant à supporter que des forces comprimantes; des ornements très-compliqués, mais en fonte phosphoreuse, fluide, peu résistante, et en pièces rapportées.

Assemblages. — Les assemblages des pièces de fonte entre elles donnent lieu, généralement, à des dispositions assez simples; on évite de les faire travailler à la traction; on fait en sorte que les surfaces en contact aient une étendue bien proportionnée à l'intensité des pressions qu'elles exercent mutuellement : il est donc essentiel qu'elles s'appliquent exactement l'une sur l'autre; pour cela, il est souvent nécessaire de les dresser; pour diminuer les frais de cette main-d'œuvre, on ménage aux

points convenables des *portées* dont la superficie est en rapport avec l'intensité des pressions transmises. Dans les ouvrages de peu d'importance, on économise la main-d'œuvre du planage en interposant entre les surfaces des matières compressibles comme le plomb, le feutre. Les pièces de fonte ayant généralement peu d'épaisseur, c'est par l'intermédiaire de brides ou d'oreilles en saillie sur leurs parois et de boulons qu'elles sont réunies entre elles.

Fer. — Voir les articles du Dictionnaire : *Fer*, *Forge*, *Outillage*, *Machines*, *Machines-Outils*.

La densité moyenne du fer est 7,8.

On peut comparer l'allongement élastique du fer à celui de la fonte; en conservant les notations précédemment admises, on aura :

$$i = \frac{1}{20000} \times \frac{P}{A}, \text{ soit } \frac{P}{A} = 7 \text{ kilog. } i = 0{,}00035.$$

Le fer, en *moyenne*, résiste à l'extension quatre fois mieux que la fonte, mais celle-ci peut supporter sans s'écraser une pression deux fois et demi plus considérable que le fer : néanmoins, la différence entre les deux modes de rupture, qui est si grande pour la fonte ($63 - 11 = 52$), est bien moindre pour le fer ($40 - 25 = 15$); on peut donc employer le fer aussi bien dans un cas que dans l'autre : par conséquent, il résistera très-bien aux efforts de flexion qui se ramènent, comme le montre la théorie de la résistance des matériaux, à des efforts de tension et de compression simultanés.

On en fera des chaînes, des tirants, des poutres de toute portée, des planchers, des arcs, des ferrures de combles, etc.

Les fers que les constructeurs achètent dans le commerce reçoivent diverses dénominations : suivant leurs qualités physiques (fers forts, durs, aciéreux, de roche, fers mous, fers à nerfs, à grains, fers demi-forts, demi-roches, fers rouverains, métis, fers tendres, aigres, brûlés); suivant leur mode de fabrication (fers forgés, fins, martelés, laminés, fondus, corroyés, puddlés, au bois, au coke, de riblons); suivant leurs formes et leurs dimensions (fers marchands, carillons, carrés, ronds, demi-ronds, verge, bandelette, méplat, feuillard, fers à plancher, fers spéciaux). La plupart de ces dénominations ont été définies dans les articles précédemment cités; nous ne voulons ici arrêter l'attention du lecteur que sur deux points importants, la classification des fers par qualités et la fabrication des fers spéciaux.

Classification des fers. — Le grand nombre de termes techniques que nous venons de rappeler suffit pour faire sentir l'utilité d'une classification précise des fers pour les divers besoins de l'industrie : il règne à cet égard un vague regrettable et plusieurs tentatives ont été faites pour en sortir. Nous citerons comme la plus remarquable et la plus pratique celle du Creuzot. Dans ce grand établissement les fers sont classés sous sept types ou numéros, savoir :

N° 1. Fer pour rails de chemins de fer; tendre à chaud, dur à froid, soudant, non rouverain.

N° 2. Qualité ordinaire; usages courants de l'agriculture, du charronnage; fers marchands ordinaires; tôles et fers spéciaux pour constructions civiles, planchers, charpentes, ponts, réservoirs, pièces n'ayant à supporter que des efforts statiques.

N° 3. Qualité ordinaire améliorée; il supporte un travail à chaud déjà difficile ; fers de chevaux, tôles communes de la marine militaire, chaudières fixes des machines à vapeur.

N° 4. Fers demi forts ; travaux de serrurerie et de petite mécanique; tôles ordinaires de la marine militaire; à l'état corroyé on en fait des fers spéciaux pour les parties contournées des charpentes, des rivets, des boulons.

SERRURERIE.

N° 5. Tôles de chaudières à haute pression. — Fers forts.

N° 6. Il supporte sans altération un travail à chaud prolongé, et prend très-bien la trempe au paquet; construction des machines, rivets, boulons, locomotives; tôles supérieures de la marine militaire.

N° 7. Qualité supérieure; pièces de fatigue des locomotives, armes perfectionnées.

Chacun des numéros précédents peut encore, pour certains usages où la cohésion établie par le laminage est insuffisante, être livré, après un traitement supplémentaire, sous la dénomination de fer corroyé, moyennant une majoration de 3 à 18 fr. par 100 kilog., suivant la qualité.

Cette classification est établie par des essais journaliers faits à l'usine, à froid et à chaud, qui, pour être comparables, doivent porter sur un même échantillon : on a choisi le rond de 20 millimètres de diamètre, en barres de 200 millimètres de longueur.

Les essais à froid consistent à déterminer la charge de rupture par millimètre carré de la section primitive et de la section rompue et l'allongement relatif. Les essais à chaud ont lieu en ployant à angle droit la barre préalablement portée au rouge vif, en la redressant et en renouvelant cette opération jusqu'à la rupture. On admet que la qualité du fer à chaud est proportionnée au nombre de crochets que l'on en peut obtenir sans le briser.

Pour obtenir le classement, on ajoute le chiffre qui exprime en kilogrammes la résistance instantanée par millimètre carré de la section rompue, au nombre des crochets multiplié par 5, et on prend la moyenne. En comptant la résistance de la section rompue et non celle de la section primitive, on tient compte de l'allongement de la barre et de l'élasticité du métal. C'est ainsi que le tableau suivant a été obtenu.

Il serait fort à désirer, pour la rapidité et la sûreté des transactions commerciales, qu'un mode de classement aussi net se généralisât dans l'industrie.

Il nous manque aussi en France des établissements où les essais sur la résistance des métaux que les constructeurs trouvent dans le commerce pourraient être faits courrамment, à l'instar des essais sur les matériaux de maçonnerie et produits agricoles qui s'exécutent au laboratoire de l'École des ponts et chaussées.

QUALITÉS.	Allongement relatif d'une tige de 200mm de longueur.	A FROID. Résistance par millimètre carré de la section		A CHAUD. NOMBRE de crochets.	COEFFICIENTS de qualités.
		Primitive.	Rompue.		
		k.			
1	0.08	41.2	45.5	8	42.75
2	0.12	39.8	55	10	52.50
3	0.16	39.7	60	12	60.00
4	0.19	38.08	65	14	67.50
5	0.20	38.8	70	16	75.00
6	0.22	38.75	77.5	18	83.75
7	0.25	39.10	90	20	95.00

Travail du fer. — Le fer se forge et se soude à lui-même, propriété précieuse dont on profitera pour disposer les assemblages les plus solides; on pourra aussi, dans toutes les sections des pièces, répartir la matière de manière à obtenir les profils les plus convenables à leur destination : ce sont là deux éléments de supériorité considérable du fer sur toutes les autres matières employées dans les constructions. Mais on n'abusera pas de la forge; en effet, dès que les dimensions des pièces atteignent certaines limites, la forge exige un outillage spécial et dispendieux et une habileté de main-d'œuvre rare; les difficultés du transport et du montage fixent d'ailleurs des bornes au poids des éléments d'une grande construction. On profitera, au contraire, de la solidité que l'on peut donner aux assemblages en fer pour diviser les grands ouvrages en parties d'un poids limité, faciles à transporter et à lever.

Le fer étant livré par le commerce en barres prismatiques, comme les bois, on sera souvent conduit, pour éviter tout déchet et simplifier la main-d'œuvre de transformation, à combiner les pièces de manière à constituer des systèmes de forme invariable, c'est-à-dire composés de triangles, et pour plus de sûreté on fera les calculs de stabilité comme s'il s'agissait de systèmes articulés sans frottement.

La question des assemblages a donc ici une importance capitale; l'introduction des fers spéciaux lui a fait faire un grand progrès, et, avant de l'aborder, il convient de dire quelques mots de ceux-ci.

Fers spéciaux. — Les premiers fers spéciaux ont été fabriqués en 1846 par M. Lagoutte, maître de forges à La Villette, pour la construction des charpentes en fer des machines fixes du chemin atmosphérique de Saint-Germain, sous la direction de M. Flachat.

Les *fers à cornières*, si fréquemment employés dans les ajustages de grande chaudronnerie et de grosse serrurerie en général, particulièrement pour la construction des membrures des bâtiments en tôle ou en bois et fer, sont maintenant livrés au commerce dans les dimensions les plus variées, pesant depuis 20 kilog. jusqu'à 0 kil. 900 le mètre linéaire.

Les fig. 1 à 8 donnent la forme exacte de la section transversale de quelques fers à cornières. Le tableau suivant, très-commode pour les rédactions d'avant-métrés, donne les dimensions et les poids correspondants d'un certain nombre de formes courantes. La *hauteur* est mesurée de l'angle droit de la section du fer à l'extrémité des arêtes supposées égales. L'*épaisseur* est prise à peu près au milieu de la lame. Les chiffres vis-à-vis desquels ne se trouvent pas de numéros de figure répondent à des fers à cornières à sections semblables à celles que donnent les figures, mais qui ne sont pas reproduites, pour éviter de multiplier inutilement les dessins.

Les épaisseurs, en millimètres, des fers dont les figures reproduisent la section, mesurées suivant la bisectrice de l'équerre, sont respectivement : 7, 9; 10, 13; 18, 15; 22, 25.

NUMÉROS des figures.	HAUTEUR.	ÉPAISSEUR.	POIDS par mètre courant.
	millim.	millimètres.	kilogr.
	90	15 à 12	15,00 à 19,00
7 et 8	80	14 — 11	12,00 — 16,00
	70	12 — 10	9,70 — 12,00
	65	11 — 9	8,25 — 10,00
5 et 6	60	11 — 9	7,20 — 9,00
	55	10 — 8	5,30 — 7,00
	50	9 — 7	4,80 — 6,50
	45	8 — 6	3,75 — 5,0
3 et 4	40	7 — 5	2,80 — 4,00
	35	6 — 4 ½	2,05 — 2,85
	30	6 — 4	1,55 — 2,45
	27	5 — 3 ½	1,33 — 1,80
1 et 2	25	5 — 3	1,03 — 1,65
	23	4 — 3	0,90 — 1,25

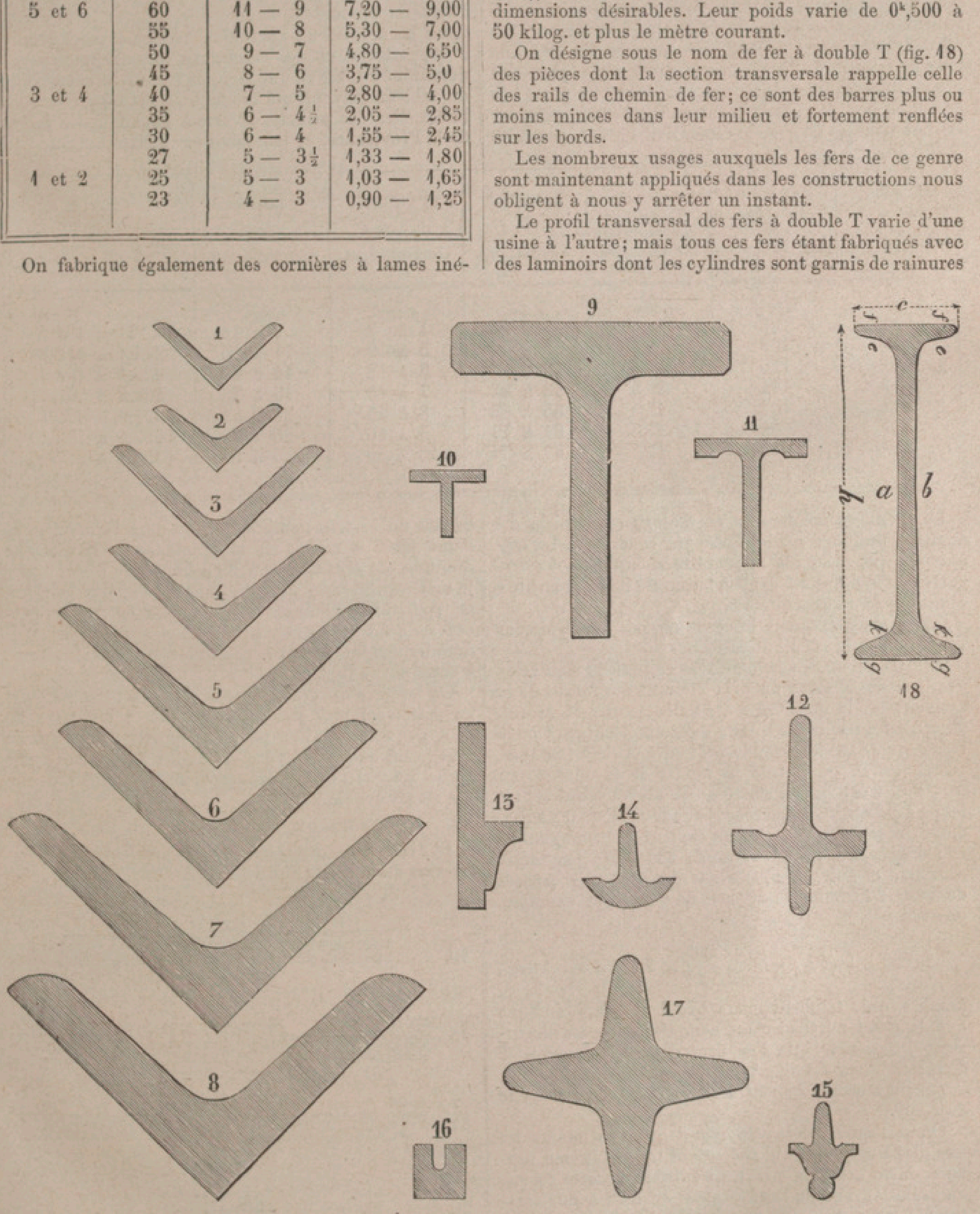
On fabrique également des cornières à lames inégales, des fers *en équerre*, de toutes dimensions, des fers à vitrages et à moulures de toutes formes. Les figures 9 à 16 peuvent donner une idée de ces différents fers, qu'il est inutile d'étudier ici en détail, mais qui fournissent aux ouvriers de goût des ressources de toute espèce pour la construction des lanternes d'escalier de grande dimension, des serres, et de tous les ouvrages analogues. Nous citerons encore les fers dits à bielle (fig. 17), très-convenables pour colonnettes et autres supports. Leur poids varie de 4 à 25 kilog. le mètre.

Les fers à T, à branches égales ou inégales (fig. 9 à 11), se rencontrent dans le commerce sous toutes les dimensions désirables. Leur poids varie de 0ᵏ,500 à 50 kilog. et plus le mètre courant.

On désigne sous le nom de fer à double T (fig. 18) des pièces dont la section transversale rappelle celle des rails de chemin de fer; ce sont des barres plus ou moins minces dans leur milieu et fortement renflées sur les bords.

Les nombreux usages auxquels les fers de ce genre sont maintenant appliqués dans les constructions nous obligent à nous y arrêter un instant.

Le profil transversal des fers à double T varie d'une usine à l'autre; mais tous ces fers étant fabriqués avec des laminoirs dont les cylindres sont garnis de rainures



Fers spéciaux. — Échelle de 0,05 pour les figures 1 à 17.

offrant en creux la forme du demi-relief de la pièce, on peut obtenir des fers dont le poids par mètre courant varie avec l'épaisseur de la barre qui est réglée par

l'écartement des cylindres. Mais la hauteur du double T et la saillie des renflements sur l'âme de la barre sont constants pour tous les fers obtenus avec les mêmes cylindres. La longueur des barres est très-variable, mais elle doit être telle que le poids de la pièce ne dépasse pas 300 kilog. environ; au delà de ce poids, la fabrication devenant difficile.

Cependant ces dimensions peuvent être dépassées dans les établissements bien outillés. A l'exposition universelle de 1867, MM. Petin et Gaudet avaient exposé une série de fers à T laminés qui s'élevaient graduellement jusqu'à un échantillon de $1^m,00$ de hauteur sur 10 mètres de longueur ayant des nervures de $0^m,40$ de largeur pesant 2,475 kilogrammes. Il n'y a peut-être pas un aussi grand intérêt que l'on peut être porté à le croire au premier abord à entrer dans cette voie, car les fers laminés de grande dimension offrent, par suite des nécessités de la fabrication, une répartition moins avantageuse du métal que les poutres en tôle et par suite moins d'économie.

Les renflements ou nervures se raccordent avec le corps de la barre par des congés, et toutes leurs arêtes sont arrondies.

Il est très-facile de calculer, à l'aide des formules ordinaires de résistance (voy. RÉSISTANCE), le poids que peut supporter une barre à double T de dimension donnée. Mais il est très-commode, pour éviter de trop longs tâtonnements, de pouvoir estimer immédiatement les dimensions approximatives de la pièce propre à supporter dans des conditions connues une charge déterminée. C'est ce que l'on fait très-aisément à l'aide du tableau suivant, qui donne à la fois les dimensions habituelles des principaux fers à double T des forges de la Providence, et leur poids par mètre courant.

HAUTEUR totale de la section.	HAUTEUR du corps entre les nervures.	SAILLIE des nervures sur le corps.	LARGEUR des nervures.	ÉPAISSEUR du corps correspondant.	POIDS par mètre courant.	VALEUR de $\frac{1}{2}\ p.\ l^2$.
millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	kilogr.	
100	88	19	43 à 45	4 à 7	9 à 12	171 à 191
120	106	20,5	45 à 50	5 à 9	11 à 15	241,1 à 313,1
140	126	20,5	47 à 53	6 à 12	14 à 20	335,4 à 452,5
160	144	20,5	48 à 53	7 à 12	15 à 25	463,6 à 591,6
180	162	23,5	55 à 62	8 à 15	20 à 30	671,9 à 898,7
220	200	27,5	64 à 71	9 à 16	26 à 40	1093,4 à 1532,3
260	236	27	67 à 74	13 à 20	40 à 58	1793,4 à 2271,6

La première colonne de ce tableau exprime la dimension indiquée sur la figure par la lettre *h*. La *largeur* des nervures est la quantité *c*, la *saillie des nervures* sur le corps est égale à la moitié de la quantité *c* diminuée de la quantité *a b*.

Assez ordinairement le corps n'a pas une épaisseur uniforme, on la réduit au milieu.

Les six premières colonnes de ce tableau sont relevées sur les dessins du prix courant des forges de la Providence, la dernière a été calculée par M. Morin. Elle n'est autre chose que le moment fléchissant ou le terme qui, dans la formule ordinaire de la résistance, représente le produit de la moitié de la charge par mètre courant par le carré de la distance qui sépare les points d'appui. Supposons, par exemple, qu'il s'agisse d'une pièce qui puisse avoir à supporter, au maximum, et par exception, une charge de 280 kilog. par mètre courant, et qui soit placée sur deux appuis espacés de $5^m = 2\ l$ comme une poutre de pont, par exemple, on aura :

$$p = 280 \text{ kil. et } {}^1/_2\ p\ l^2 = \frac{280}{2} \times 2{,}5^2 = 875 \text{ kilog.},$$

nombre qui, tombant entre 671,9 et 898,7, indique que la pièce nécessaire est comprise entre les dimensions intérieures que l'on peut donner au double T dont la hauteur totale est de 180 millimètres.

On livre ordinairement les fers à T avec une flèche de 1.200.

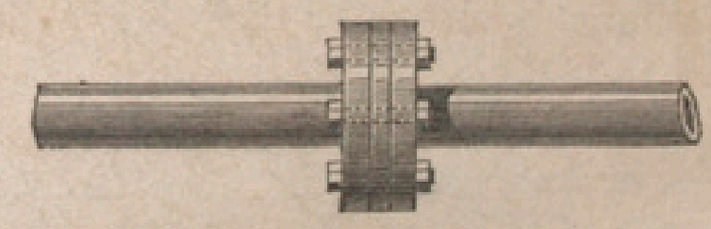
On voit quelquefois employer dans les bâtiments des fers dits à triple T, qui présentent une troisième nervure entre les deux nervures extrêmes. Cette forme, au point de vue de la résistance, est tout à fait irrationnelle. Le fer qui forme la troisième nervure, ne travaillant presque point, est employé en pure perte et augmente inutilement le poids. On le reconnaît aisément à l'aide des formules de résistance, mais une expérience frappante peut le démontrer également. En faisant un certain nombre de trous dans l'axe du corps d'une pièce à double T, la résistance de la pièce ne diminue pas sensiblement. Bien loin donc d'accumuler le métal en nervure aux environs de l'axe de la pièce, on pourrait le diminuer considérablement, si les procédés de fabrication s'y prêtaient et si d'autres considérations n'obligeaient à conserver une certaine force à cette partie de la barre.

On emploie quelquefois, pour consolider des poitrails ou pour appliquer le long des sablières des pans de bois, des fers que l'on pourrait appeler en E, qui ne présentent de nervures que d'un côté, l'autre face étant plane. La résistance de ces fers se calcule comme celle des fers à double T.

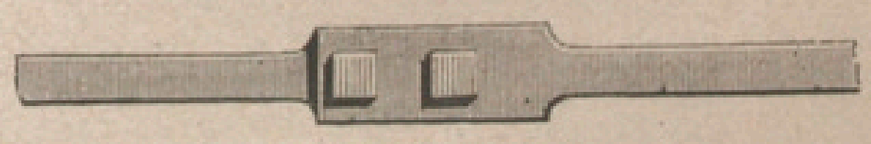
PRINCIPAUX ASSEMBLAGES DU FER.

1° Assemblages droits ou de pièces placées en prolonge les unes des autres. (Fig. 19 à 22.)

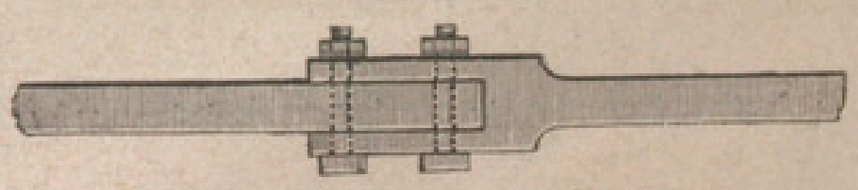
19.



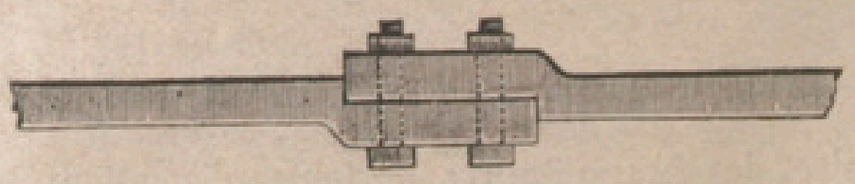
20.



21.

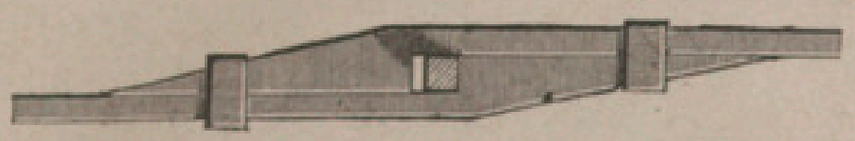


22.

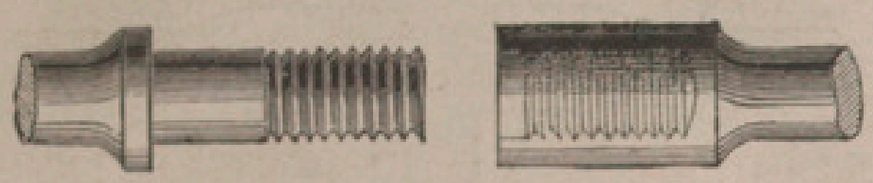


Joint plat serré par des boulons.
Assemblage à mi-fer avec double fourrure.

Assemblage à oreilles simples ou doubles, analogue à celui du même nom employé pour la fonte.



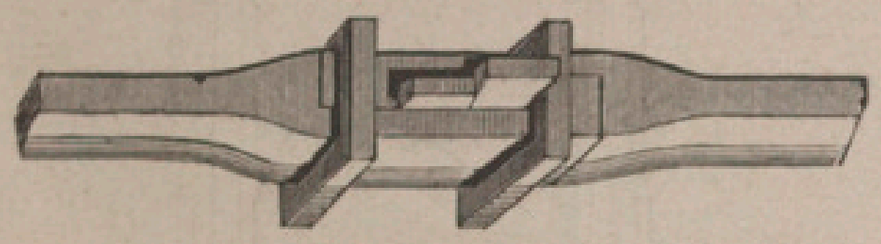
23.



24.



25.



26.

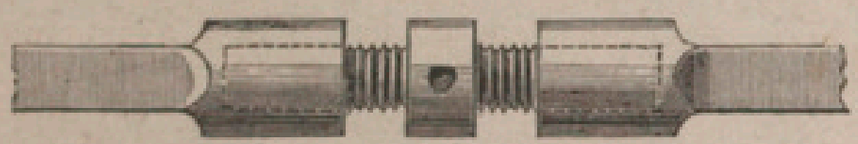
Enture à vis (pieux métalliques, tiges de sonde).

Moufles, assemblages très-employés pour le chaînage des bâtiments, le serrage des frettes et des liens, la consolidation des dômes; on peut régler la tension de ces assemblages en remplaçant les clavettes simples par deux petits coins.

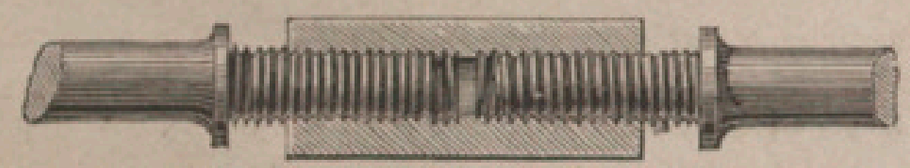
Assemblage à charnière.

Assemblage à trait de Jupiter avec collier.

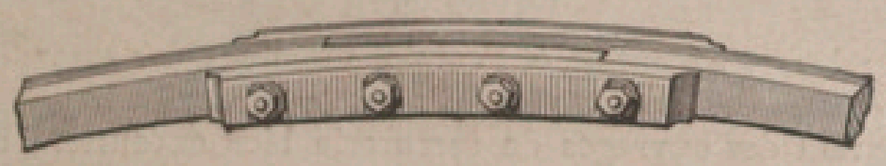
Les assemblages suivants donnent beaucoup plus de latitude pour le règlement des tensions, ce qui est d'autant plus nécessaire que les pièces à réunir sont plus longues :



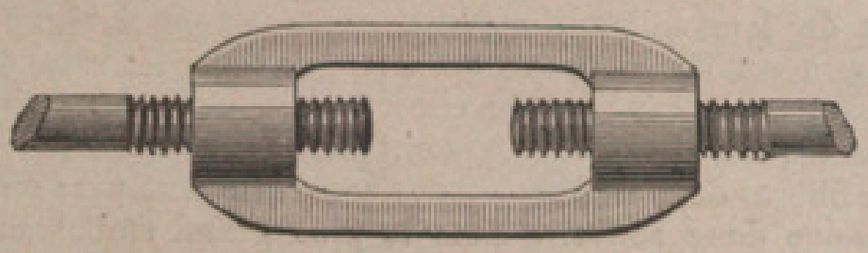
27.



28.



29.



30.

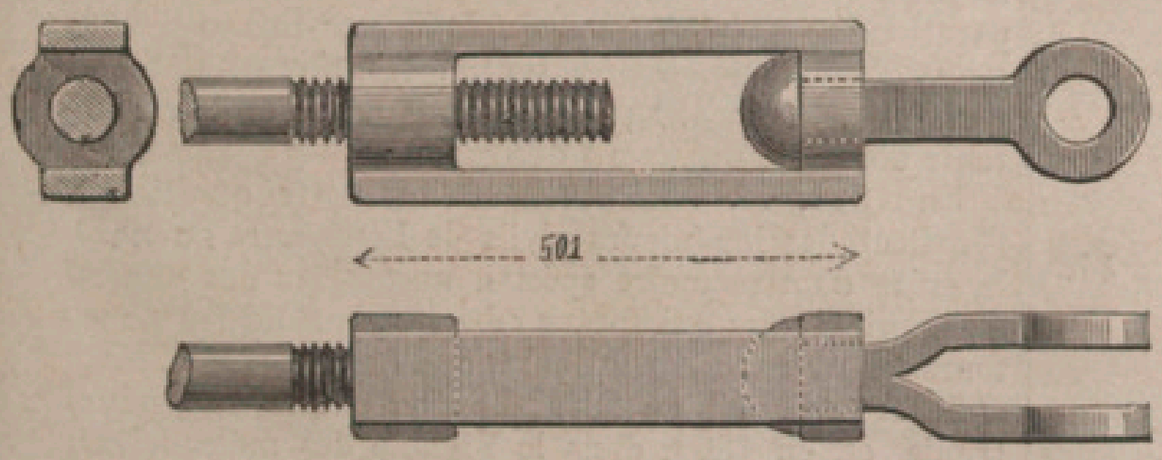
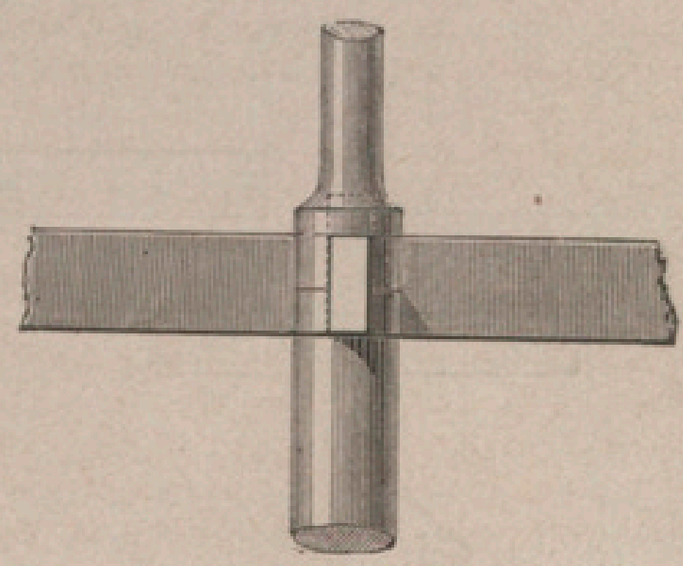


Fig. 31.

Joint à vis ou assemblage à manchon taraudé;
Assemblage à verrin;
Assemblage à double écrou ou à lanterne.

2° *Assemblages d'angles* :
Assemblage à œil des ancres, chaînes, grilles etc.;

Fig. 32.



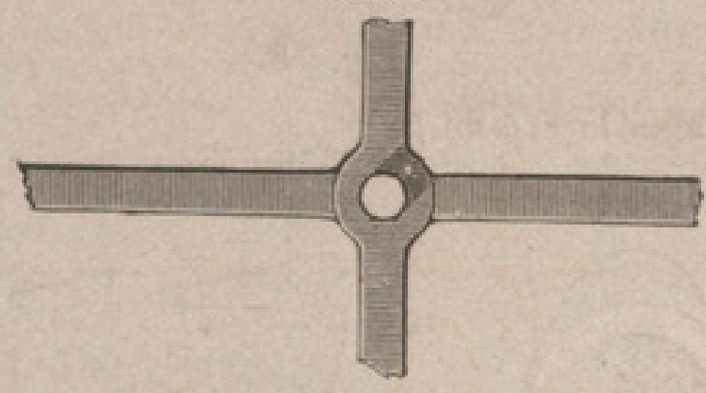


Fig. 33.

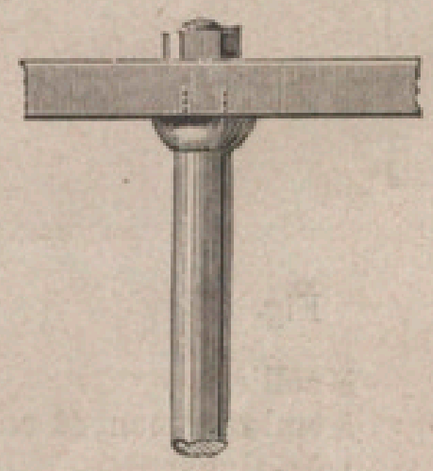


Fig. 34.

Assemblages à tenon et mortaise;
id. à tenon passant avec clef;

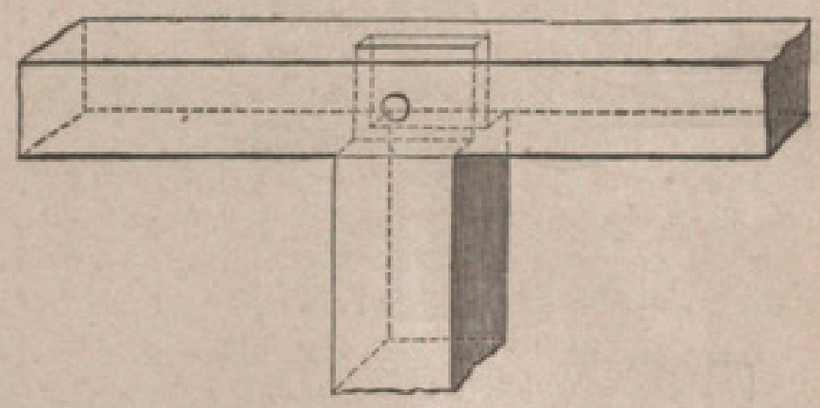


Fig. 35.

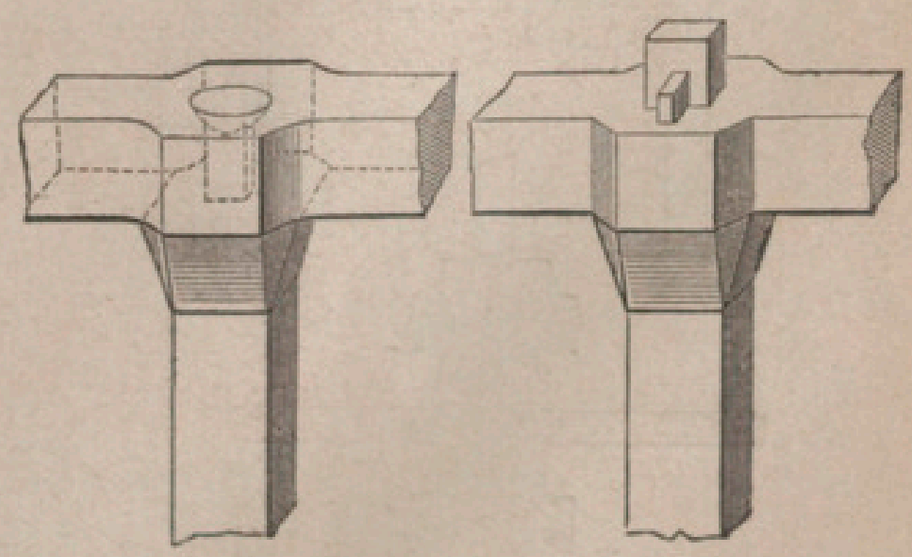


Fig. 36. Fig. 37.

id. id. avec écrou;
id. avec renfort et rivure;

Assemblages à vis;
id. avec goupille filetée et rivée.

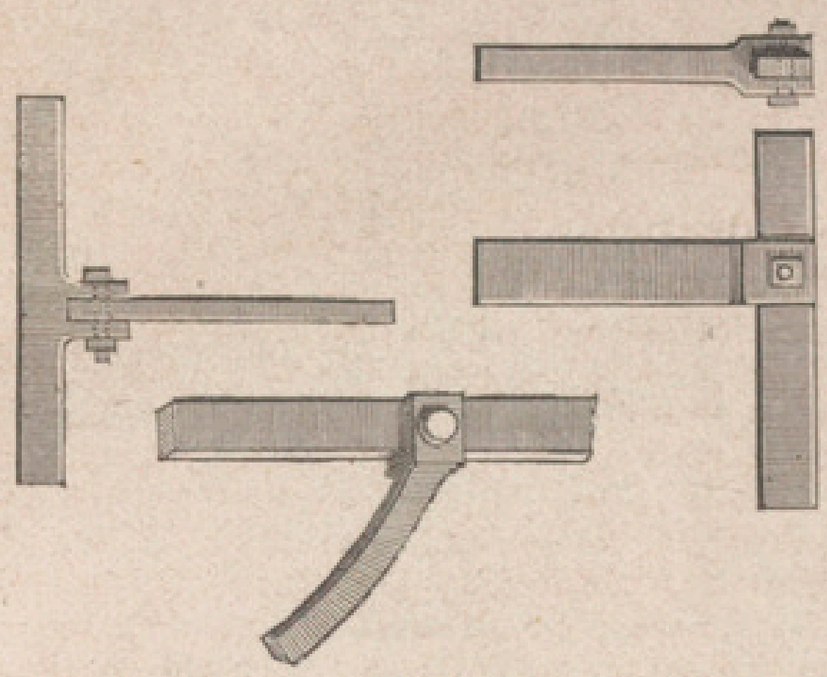


Fig. 38.

3° *Assemblages à mi-fer :*
id. à queue d'hironde;
id. à enfourchement;

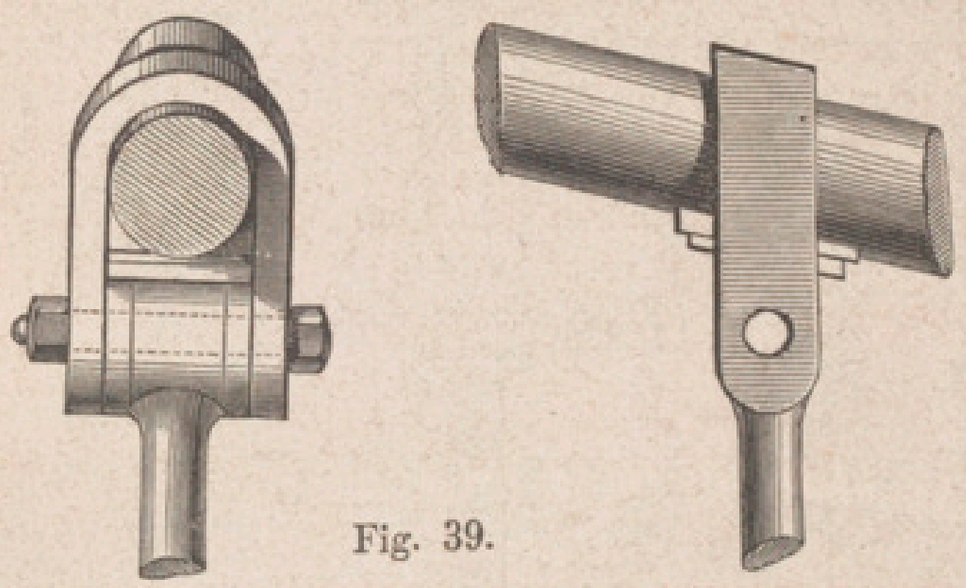
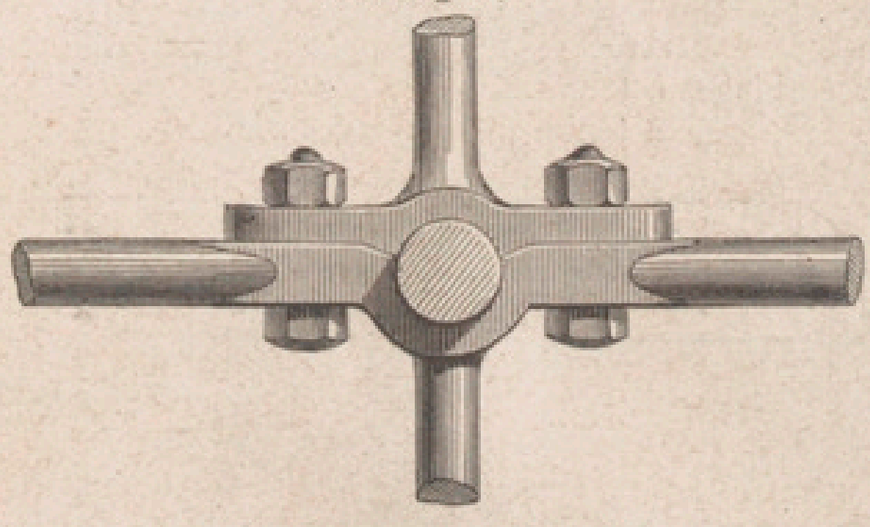
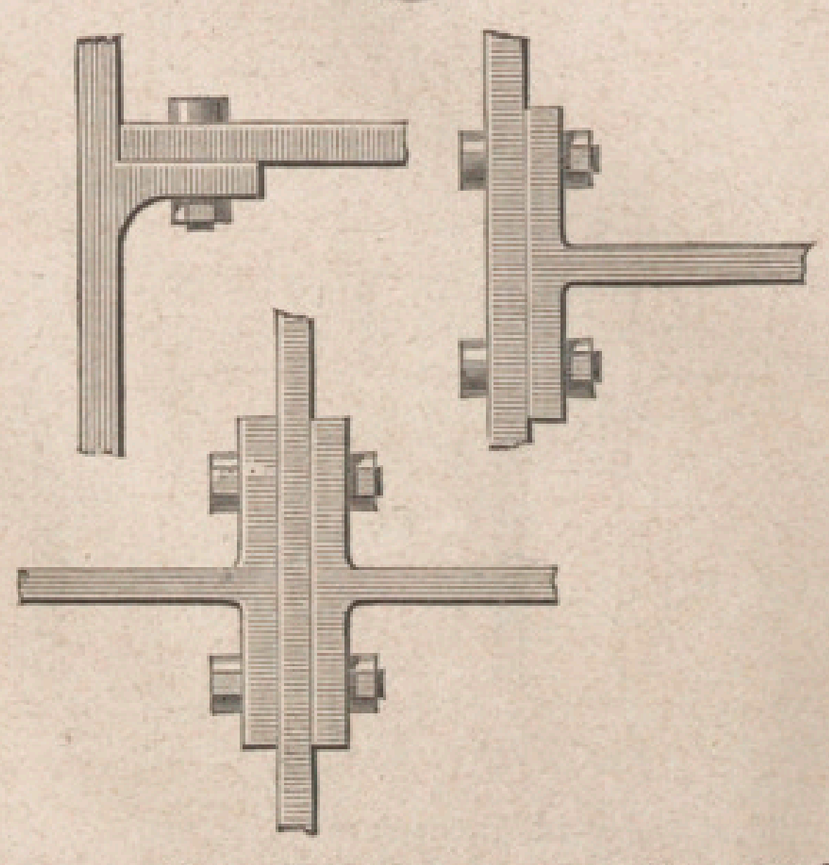


Fig. 39.

id. à collier;
id. à embrèvement et collier, pour angles très-aigus;



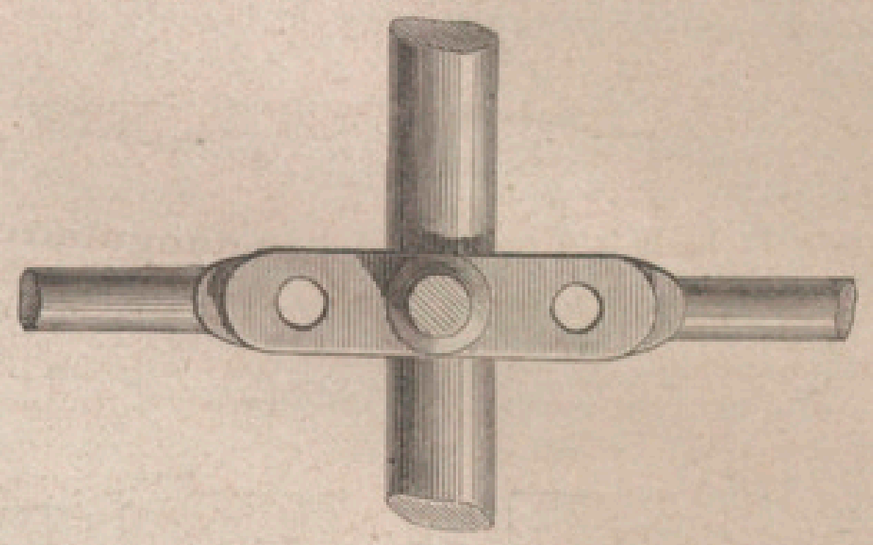
40.



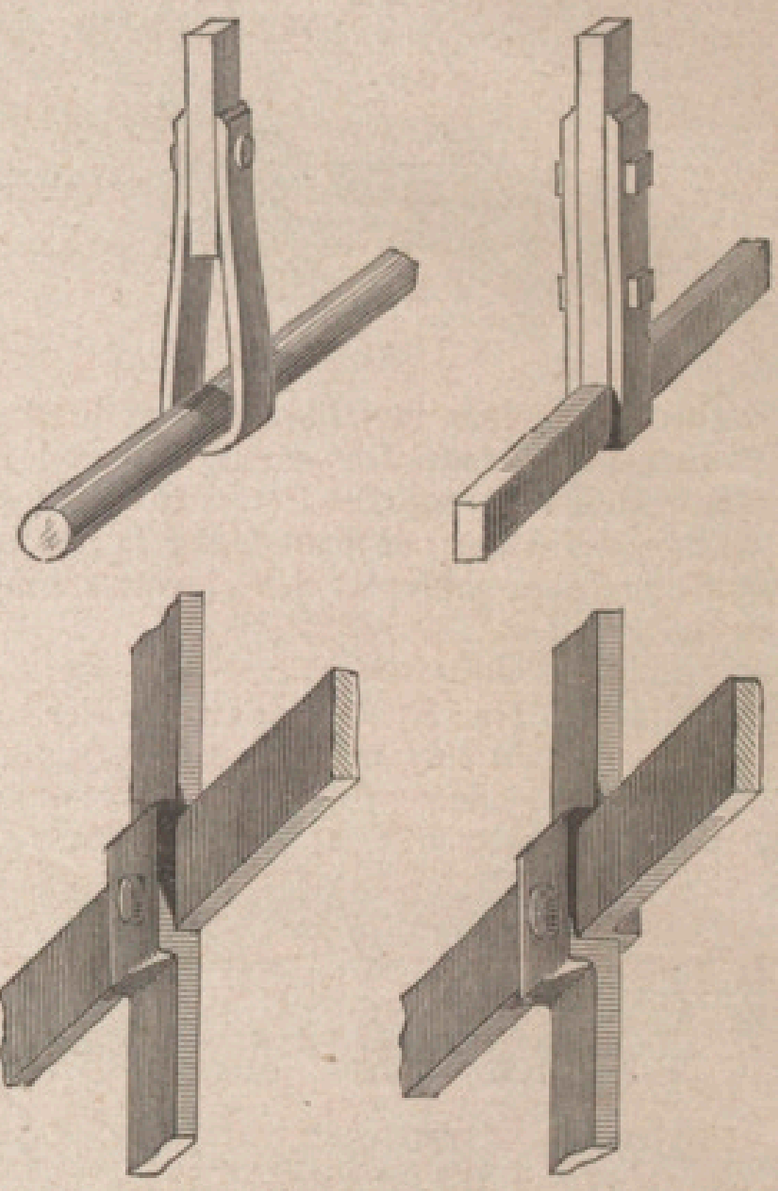
41.

id. à équerres ou à cornières et à T.

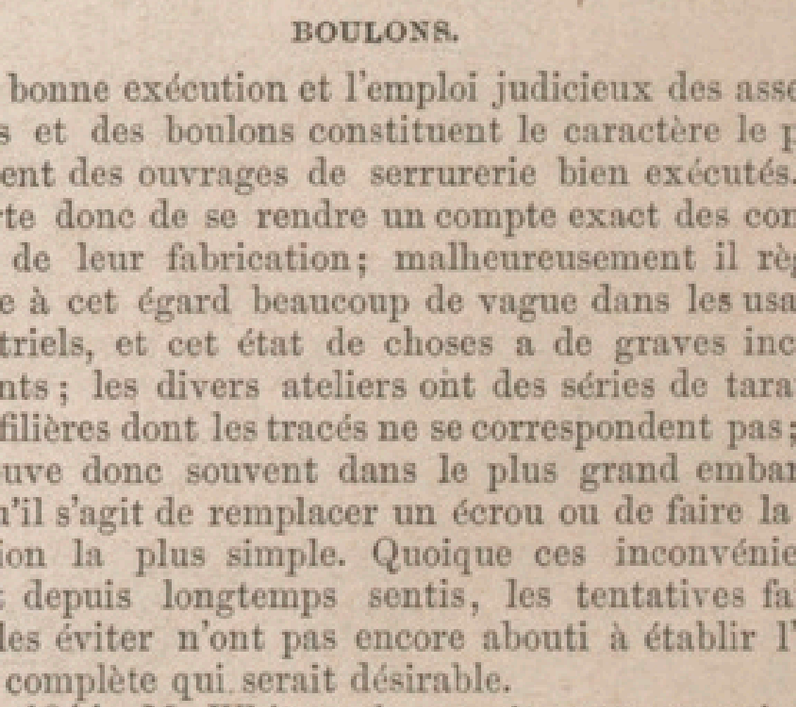
4° *Assemblages de pièces qui se croisent :*



42.



43.



44

Assemblage à entailles simples et doubles.

BOULONS.

La bonne exécution et l'emploi judicieux des assemblages et des boulons constituent le caractère le plus apparent des ouvrages de serrurerie bien exécutés. Il importe donc de se rendre un compte exact des conditions de leur fabrication; malheureusement il règne encore à cet égard beaucoup de vague dans les usages industriels, et cet état de choses a de graves inconvénients; les divers ateliers ont des séries de tarauds et de filières dont les tracés ne se correspondent pas; on se trouve donc souvent dans le plus grand embarras lorsqu'il s'agit de remplacer un écrou ou de faire la réparation la plus simple. Quoique ces inconvénients soient depuis longtemps sentis, les tentatives faites pour les éviter n'ont pas encore abouti à établir l'entente complète qui serait désirable.

En 1841, M. Whitworth soumit cette question à l'Institut des ingénieurs civils de Londres et donna, à la suite d'un mémoire spécial, un tableau des dimensions principales qui furent adoptées par les constructeurs les plus recommandables de l'Angleterre.

M. Armengaud, en 1841, dans sa publication industrielle, et, en 1863, dans le Vignole des mécaniciens, traduisit en mesures françaises les résultats proposés par M. Whitworth.

M. Denis Poulot, ingénieur à Paris, a publié un autre système de classement, en 1862, dans l'Annuaire de la Société des anciens élèves d'Arts et métiers.

M. Redtenbacher (Resultate für den maschinenbau, Heidelberg, 1868) adopte les formules de M. Armengaud.

M. Reynaud (Traité d'architecture, 1867) indique les proportions suivantes :

Dans le cas où le boulon supporte un effort de tension, on calculerait le diamètre du noyau de la partie filetée, en prenant pour unités le millimètre et le kilogramme, par la formule

$$d = 0.65 \sqrt{P}$$

ce qui suppose que le fer supporte une charge permanente de 3 kilog. par millimètre carré, ou moitié de la charge habituellement admise.

La saillie des filets serait égale à 0,1 d et, par conséquent, le diamètre de la partie filetée à 1,2 d.

L'épaisseur de l'écrou et de la tête devrait être égale à la même quantité 1,2 d.

Leur diamètre extérieur serait compris entre 2 d et 1,5 d.

On pourrait appliquer le calcul à la détermination de ces proportions; il convient même de bien se rendre compte que le filet d'un boulon est un corps saillant sur le noyau et en forme de solide d'égale résistance, sur lequel vient se répartir uniformément toute la charge de la tige. Ce filet est donc sollicité par un effort fléchissant dont le moment, par unité de longueur, est très-petit à cause de la petitesse de son bras de levier et par un effort tranchant dont l'intensité maximum se produit au droit de la surface cylindrique du noyau.

SERRURERIE.

La forme hélicoïdale offre ici un moyen de transmettre et de concentrer sur un petit espace un effort considérable.

Les filets de l'écrou sont déterminés par les mêmes considérations; mais si cet écrou était fabriqué avec une substance moins résistante que la tige du boulon, les filets saillants devraient avoir une épaisseur plus grande que ceux de la tige : c'est ce qui a lieu pour les vis à bois.

On serait conduit à diminuer indéfiniment la saillie et le pas des filets, si la pratique n'indiquait certaines limites qu'il ne convient pas de dépasser; il est, en effet, difficile d'ajuster l'écrou sur une vis d'un pas trop fin, et si l'opération est souvent renouvelée, celle-ci s'use rapidement.

L'épaisseur annulaire de l'écrou et de la tête serait déterminée par la condition de répartir uniformément sur les surfaces pressées la totalité de la charge du boulon; il faut aussi pouvoir les saisir et les serrer énergiquement avec la clef.

Dans le cas où le boulon supporte un effort tranchant, on peut déterminer sa section par des considérations analogues à celles que nous développerons plus loin à propos des rivets. La tête et l'écrou peuvent alors être plus petits.

Le ministre de la marine a prescrit enfin, par des circulaires en date des 14 mai 1861 et 25 septembre 1863, d'adopter dans tous les arsenaux les dimensions indiquées dans le tableau ci-dessous.

NUMÉROS.	DIAMÈTRE en dehors du filet.	DIAMÈTRE de l'hexagone circonscrit à l'écrou.	HAUTEUR du PAS.	CHARGES TOTALES que les boulons peuvent supporter, la charge permanente par millimètre carré étant de :		
				5k	3k	1k
20	100	180	6 m/m	31526	18915	6305
19	96	173		28841	17305	5768
18	92	166		26133	15679	5226
17	88	159		23647	14188	4729
16	84	152		21272	12763	4254
15	80	145		19023	11413	3804
14	76	138		16899	10139	3379
13	72	131		14901	8940	2980
12	68	124	5 m/m	13809	8285	2761
11	64	117		12009	7205	2401
10	60	110		10334	6200	2066
9	56	103		8785	5271	1757
8	52	96		7362	4417	1472
7	48	89	4 m/m	6601	3960	1320
6	44	82		5376	3225	1075
5	40	75		4276	2565	855
4	36	68		3302	1981	660
3	32	61		2454	1472	490
2	28	54	3.5	1888	1130	376
1	24	47	3.0	1387	832	277
»	20	40	2.5	955	573	191
»	16	32	2.0	613	368	122
»	12	27	1.5	346	208	69
»	8	19	1.0	150	90	30

Le profil des filets est un triangle équilatéral : quelquefois on arrondit les arêtes. Cette disposition est repoussée par la marine, quoiqu'elle soit favorable à la conservation des arêtes, parce qu'elle rend toujours difficile la concordance parfaite que l'on s'est proposé d'établir entre les produits des divers établissements.

Les boulons doivent être fabriqués avec du fer de très-bonne qualité.

La tête doit être refoulée sur la tige plutôt que soudée. On lui donne, suivant les usages auxquels on l'applique, différentes formes : carrée, hexagonale, quand la tête doit offrir une prise pour fixer le boulon au

moment où on serre l'écrou; ronde ou hémisphérique quand on trouve ailleurs un point d'appui pour le serrage; on la termine quelquefois par un *carré* pour serrer à distance un boulon qu'on ne peut atteindre commodément.

La tige est le plus souvent cylindrique et suit la forme ordinaire des trous obtenus par les machines à percer; on peut la faire carrée ou méplate, soit pour obtenir un point d'appui dans le trou au moment du serrage, soit quand la tige est suspendue dans l'espace pour lui permettre de mieux résister à la flexion. On fait souvent, pour les assemblages des bois, des boulons à tête ronde dont la tige est carrée seulement sur une petite longueur, dans le voisinage de la tête; les arêtes de la petite partie carrée s'impriment suffisamment dans le bois pour la maintenir fixe; ou bien encore on place sous la tête un petit ergot saillant.

L'écrou est ordinairement pris dans un prisme à quatre ou à six pans; on le tourne avec une clef; quand la pression à exercer est faible et peut s'obtenir avec la main, l'écrou se fait en tête de violon ou à oreilles.

Pour éviter toute saillie sur les parements, on loge quelquefois l'écrou dans un vide cylindrique ou tronconique dout il épouse la forme; on le serre alors avec une clef à deux branches qui pénètre soit dans deux trous ou dans deux rainures tracées sur un même diamètre de la face supérieure : l'écrou ou la tête sont dits, dans ce dernier cas, fendus en tête de vis.

Afin d'empêcher l'écrou de se desserrer, on en pose souvent un second ou contre-écrou, qui s'oppose au mouvement en pressant énergiquement le filet de la vis contre celui de l'écrou.

Les exigences si diverses de la construction obligent à donner aux boulons des dispositions très-variées; les plus usitées sont les suivantes (fig. 39 à 54) :

Boulon d'assemblage ordinaire avec rondelle pour répartir uniformément la pression sur la surface d'appui : la dimension de la rondelle est réglée en raison de cette pression et de la différence qui existe entre la résistance du fer et celle de la surface d'appui; dans les boulons d'écartement des murs, la rondelle est quelquefois remplacée par un large bouclier en fonte ou par des ancres ornées qui peuvent former un motif de décoration agréable.

Boulon cylindrique, à clavette et à tête ronde : disposition très-ancienne, d'une exécution rapide et facile, mais offrant moins de précision dans l'assemblage que le boulon à écrou.

Boulon de fondation, à clavette et à écrou; boulon à fausse tête.

Boulon de scellement : la tige est barbelée sur les arêtes; elle se place dans un trou de scellement percé dans la pierre, et le vide restant se remplit avec du plomb.

Boulon cylindrique à tête carrée, encastrée ou noyée dans le bois ou dans le fer, quand on veut éviter toute saillie sur les parements.

Boulons à T, à coulisse ou à crochet, servant à fixer des pièces qui doivent être souvent changées de place et trouvant leur point d'appui dans des coulisses ou rainures en T ou sur des pièces en fer méplat.

Boulon à œil ou à piton : disposition applicable aux assemblages de fonte quand on n'a pas pu faire venir une bride ou une oreille sur l'une des pièces à réunir. (Tendeurs des combles métalliques.)

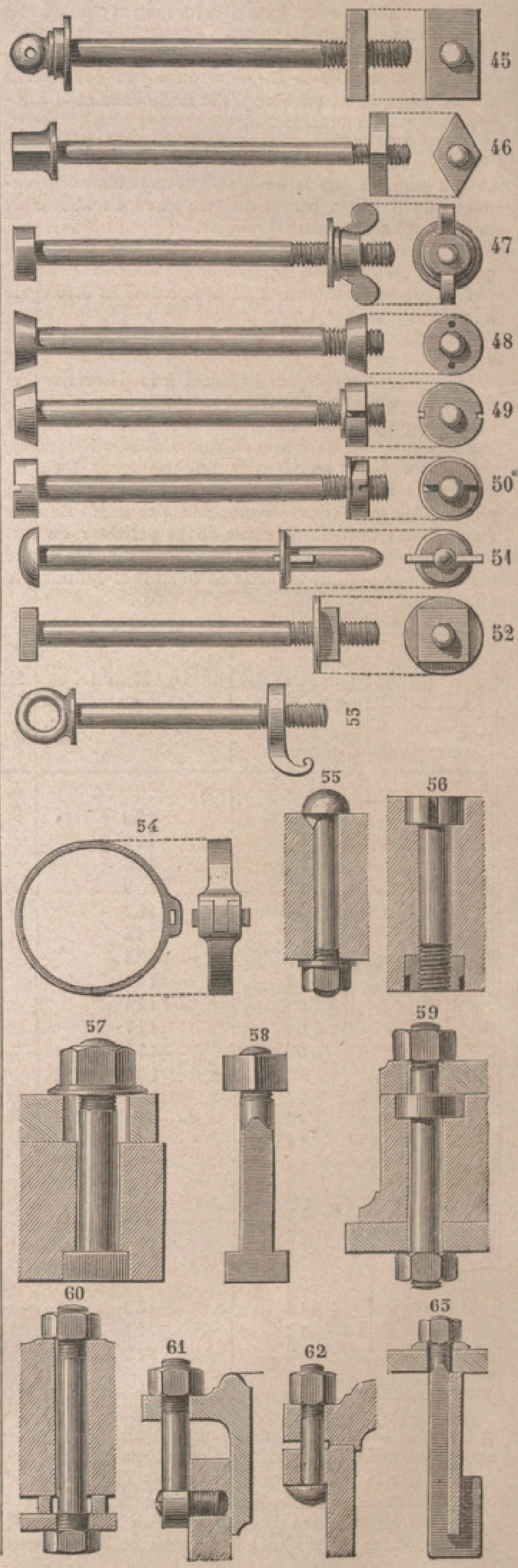
Boulon à deux taraudages, dont l'un sous la tête, de manière qu'on peut fixer celle-ci et venir après coup serrer le boulon avec son écrou (ciels des foyers de locomotives).

Boulon à deux écrous, à embase intermédiaire, employé pour réunir trois pièces et permettre d'enlever l'une des deux pièces extérieures sans délier les deux autres.

Boulons à écrou prisonnier, appliqués à consolider

SERRURERIE.

des assemblages de charpente, par exemple celui d'une traverse sur une pièce debout.



DES TOLES. — L'emploi des tôles dans la construction est un des éléments les plus précieux introduits dans la pratique moderne. Il importe de préciser leurs dimensions et leurs résistances.

Les *tôles* ordinairement livrées au commerce sont partagées en *tôles faibles*, qui ont depuis 1/2 jusqu'à 3 millimètres d'épaisseur; en tôles moyennes, qui ont de 3 à 6 millimètres; et enfin en tôles fortes, qui ont de 6 à 12 et même 15 millimètres et plus d'épaisseur.

On appelle sens du laminage d'une feuille de tôle la direction perpendiculaire aux génératrices des cylindres du laminoir au moyen duquel elle a été façonnée. La tôle soumise à un effort présente, dans cette direction, une résistance qui est à celle qu'elle offre dans le sens perpendiculaire dans le rapport de 31,48 à 28,48, circonstance dont il convient de tenir compte dans les assemblages des pièces de chaudronnerie, bien que certaines expériences faites en Angleterre aient infirmé ce fait généralement admis. Les dimensions courantes des feuilles de tôles ne dépassent guère 1m à 1m,10 de largeur sur 1m,40 à 1m,70 de longueur. Bien que l'on fabrique des pièces beaucoup plus fortes, il convient de se renfermer, autant que possible, dans les dimensions répondant à des poids modérés, la fabrication devenant plus coûteuse, plus difficile, et offrant moins de garanties d'une perfection absolue, quand le poids des pièces s'accroît au delà de certaines limites.

Le tableau suivant, emprunté au prix courant des forges de la Providence, donne d'ailleurs une idée des divers échantillons livrés habituellement par le commerce, et des limites dans lesquelles il faudrait se renfermer pour des commandes de dimensions particulières, que toutes les usines à fer exécutent maintenant sans augmentation de prix, lorsqu'il s'agit d'affaires d'une certaine importance.

POIDS.	Épaisseur.	DIMENSIONS MAXIMA : Largeur.	Longueur	Longueur	Largeur.
	millim.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.
1re classe, limite de poids, 175 kil.[1].	2	1,00	2,00	3,00	0,67
	3	1,10	2,30	3,50	0,72
	4	1,00	2,50	4,00	0,75
	5	1,25	2,60	4 50	0,75
	6 et plus	1,30	2,70	5,00	0,75
2e classe, limite de poids, 275 kil.[2].	2	1,05	2,50	3,50	0,67
	3	1,15	2,00	4.00	0,72
	4	1,25	2,50	4.50	0,75
	5	1,30	2,00	5.00	0,75
	6 et plus	1,35	3,75	5,75	0,75
3e classe, limite de poids, 375 kil.[3].	2	1,10	2,00	4,00	0,67
	3	1,20	2,50	4,50	0,72
	4	1,30	2,00	5,00	0,75
	5	1,35	3,75	5,75	0,75
	6 et plus	1,40	3,50	6,50	0,75

OBSERVATIONS.

1. La première classe comprend, en outre, les tôles de 0,80 sur 2 mètres de 10 kil. et plus; 1 mètre sur 2 mètres de 25 kil. et plus. Largeur minima à 8 millim. et plus, 0m,30, épaisseur maxima 14 millim., 42 fr les 100 kil.

2. Largeur minima à 10 millim. et plus, 0m,40, épaisseur maxima 20 millim., 45 fr. les 100 kil.

3. Largeur maxima, à 12 millim. et plus, 0m,30, épaisseur maxima 30 millim., à 48 fr. les 100 kil.

SERRURERIE.

Les prix indiqués dans le tableau ci-dessus, aux observations, varient nécessairement avec le cours des fers.

On est constamment obligé, dans les travaux de chaudronnerie, de réunir entre elles deux feuilles de tôle. Ces assemblages ne peuvent se faire par soudure, on les exécute avec des rivets. Lorsqu'il s'agit de chaudières à vapeur ou de réservoirs à gaz comprimés, on est obligé de rapprocher beaucoup les rivets pour éviter les fuites qui pourraient se produire entre les feuilles de tôle. On a vu, à l'article spécialement consacré à la construction des chaudières, les précautions à prendre pour remplir ces conditions. Lorsqu'il s'agit, au contraire, d'ouvrages de grosse serrurerie, on n'a pas à s'occuper de l'étanchéité du joint, il faut seulement disposer la rivure pour que la résistance de la pièce soit aussi forte que possible. En général, il convient, dans les travaux de cette espèce, de diminuer le nombre des rivets, ce qui revient à augmenter leur diamètre et leur écartement.

Les assemblages de feuilles se font de deux manières principales analysées à l'article CONSTRUCTION DES NAVIRES EN FER. Le plus souvent on les superpose, et puis on les réunit par une ou mieux par plusieurs lignes de rivets disposés en quinconces et parallèles à la rive de la feuille. Dans la seconde manière, au lieu de superposer les deux feuilles, on les met bout à bout, l'on serre leurs extrémités entre deux feuilles de tôle, et l'on réunit le tout par des rivets. Une rivure de cette espèce ne peut céder que par la déchirure des deux feuilles de recouvrement dont il est toujours facile de déterminer l'épaisseur de façon à prévenir cet accident.

L'expérience a démontré que la résistance opposée par les rivets à la force qui tend à les briser par *cisaillement*, en faisant glisser les deux parties l'une parallèlement à l'autre et perpendiculairement à l'arrête du rivet, est égale à la force qui les ferait rompre en agissant parallèlement à leur longueur, c'est-à-dire de 36 à 40 kilogr. par millimètre de section. Il en résulte qu'entre l'épaisseur e des feuilles de tôle, l'écartement a entre les axes des rivets et le diamètre d de ces rivets, on doit avoir la relation

$$\frac{\pi d^2}{4} = a e.$$

Il résulte de nombreuses expériences entreprises par M. Fairbairn, en Angleterre, que la résistance des joints simples à un seul rang de rivets présente moins de résistance qu'une feuille de tôle de même nature et de même surface que la section faite par le centre des trous. Ce que l'on s'explique facilement en observant que, sous l'effort, les feuilles de tôle s'inclinent l'une par rapport à l'autre, et que la traction a lieu alors obliquement au rivet et porte en partie sur ses têtes. Cette inflexion n'a pas lieu lorsqu'on emploie des rivures à deux lignes de rivets, et, dans ce cas, M. Fairbairn a trouvé que la rivure avait la même résistance qu'une feuille de tôle de même surface que la section faite par l'axe des trous, c'est-à-dire de 38k,21 par millimètre carré de section, dans l'expérience dont il s'agit.

La pratique de la construction des chaudières à vapeur a conduit à des dimensions qui s'écartent peu, en plus ou moins, de celles indiquées par les deux règles suivantes:

Le diamètre du corps des rivets est égal à 1, 5 fois l'épaisseur de la tôle, plus 4 millimètres;

L'écartement des rivets est égal à deux fois leur diamètre, plus 10 millimètres.

Mais, nous le répétons, dans les ouvrages de grosse serrurerie, il convient de donner aux rivets des diamètres supérieurs à ceux indiqués par les règles précédentes et de les espacer de manière à satisfaire à l'équation ci-dessus.

Le frottement très-considérable qui résulte, entre les tôles, de l'énorme pression que les rivets leur font éprouver l'une contre l'autre, tend encore à accroître de beaucoup la résistance du système. Lorsqu'on cherche, par le calcul, la force avec laquelle un rivet posé au rouge sombre tend à rapprocher les feuilles de tôle qu'il réunit, on est conduit à admettre que deux tôles bien rivées présentent autant de résistance qu'une pièce d'un seul morceau. Cette conclusion, peut-être exagérée, n'est point adoptée par tous les constructeurs; mais, comme les charges permanentes que l'on fait supporter aux constructions sont au plus 1/4, et souvent 1/10 seulement de celles qui produiraient la rupture, on peut, dans le calcul des dimensions des pièces rivetées, que l'on décrira plus loin, les considérer comme d'un seul morceau de métal.

Nous allons maintenant étudier les principales applications du fer aux constructions.

SUPPORTS ISOLÉS. — PILIERS. — COLONNES.

Les expériences sur la résistance des colonnes sont peu nombreuses; elles sont délicates et coûteuses; les plus importantes ont été exécutées par M. Hodgkinson, qui en a tiré les conclusions principales suivantes :

1° Les résistances de prismes semblables sont sensiblement proportionnelles aux surfaces comprimées.

2° La hauteur d'un prisme ou d'un cylindre ne dépassant pas quatre fois le plus petit côté ou le diamètre de la base, la résistance du fer forgé a varié entre 25 et 40 kilog. par mmq; la résistance de la fonte a varié entre 45 et 111 kilog.; elle a été en moyenne de 63 kilog. Ce qui met bien en évidence la supériorité de la fonte pour résister à la compression simple, comme nous l'avons déjà fait ressortir.

3° Au delà de ce rapport la rupture est précédée d'une flexion; la résistance diminue d'autant plus que la hauteur augmente.

4° Lorsqu'un support exposé à fléchir est pourvu de bases larges et bien dressées, qui lui assurent une assiette solide, sa résistance est trois fois plus grande que si ses extrémités étaient arrondies.

5° On peut augmenter de 1/7 la résistance d'un support en lui donnant un renflement suffisant vers le milieu de sa hauteur.

6° La fonte résiste mieux que le fer forgé à la rupture par compression; mais cet avantage est d'autant moins marqué que le rapport de la hauteur à la plus petite dimension de la base est plus élevé; quand ce rapport est égal à 32, il y a égalité entre les deux métaux; au delà de 32 le fer est plus résistant.

La forme d'un cylindre évidé est, toutes choses égales d'ailleurs, la plus avantageuse; mais il est essentiel que l'épaisseur de la colonne soit uniforme, et cette condition est d'autant plus difficile à remplir que la colonne est plus haute. Il y aurait intérêt à augmenter le diamètre et à diminuer l'épaisseur indéfiniment, si l'art du fondeur n'indiquait des limites au-dessous desquelles il serait imprudent de descendre et qui sont les suivantes :

Hauteurs des colonnes en mètres, 2 à 3, 3 à 4, 4 à 6, 6 à 8.
Épaisseurs en millimètres, 12, 15, 20, 25.

D'après les travaux de M. Hodgkinson et de M. Love, plusieurs auteurs ont publié des tableaux donnant la charge que l'on peut faire supporter avec sécurité aux colonnes métalliques; on s'est ordinairement servi pour les dresser des formules de M. Love.

Pour la fonte : $$P = \frac{1250\ D^4}{1{,}85\ D^2 \times 0{,}0043\ L^2}$$

Pour le fer : $$P = \frac{600\ D^4}{1{,}97\ D^2 \times 0{,}00064\ L^2}$$

dans lesquelles P représente la charge permanente exprimée en kilogrammes, D le diamètre et L la hauteur de la colonne exprimés en centimètres. On admet que la charge permanente de la fonte est 1250 kilog. par centimètre carré, ce qui est peut-être beaucoup pour la pratique, et celle du fer 600 kilog.

On admet aussi que la charge d'une colonne creuse est égale à la différence entre celle d'une colonne pleine ayant le diamètre extérieur de la première et celle d'une colonne pleine ayant le diamètre du noyau.

Les supports à section en croix ou en forme de bielle sont aussi quelquefois employés (caves des halles centrales),

Les colonnes pleines s'emploient surtout à Paris pour les soubassements de maisons avec boutiques : on trouve chez les marchands de fonte un assortiment dans les conditions suivantes, variant de 0m,05 en 0m,05 pour la hauteur.

Diamètres.	Hauteurs.	Poids par mètre linéaire.	Charges permanentes.
m.	m.	kil.	kil.
0,070		26,50	
	2.00		13.000
	2.75		8.500
0.081	2.50 à 3.25	40	14.000
			9.500
0.094	2.50 à 3.65	52	21.500
			13.500
0.108	2.80 à 4.50	63	29.000
			15.500
0.120	3.00 à 5.00	85	39.000
			19 500
0.135	5.00 à 6.00	99	39.000
			22.500

Les colonnes longues sont rarement faites au-dessous du diamètre de 0m,120; elles atteignent 8m,00 de hauteur.

Les colonnes, dites *extra*, sont disposées pour recevoir les poitrails ou solives des planchers de deux et quelquefois trois étages, au moyen de consoles venues de fonte sur leur fût. On les fabrique jusqu'au diamètre de 0m,220 : au delà on n'emploie guère que des colonnes creuses.

Il est très-avantageux d'avoir des bases et chapiteaux venus du même jet; ces appendices sont ordinairement pourvus de goujons de fer qui permettent de sceller facilement les supports à leurs deux extrémités.

Les colonnes creuses se trouvent en dimensions plus variables; elles ont l'avantage d'offrir une assiette mieux établie et un aspect plus monumental; ces colonnes servent souvent de tuyaux de descente, on doit alors adopter des dispositions spéciales pour leurs bases.

Pour les diamètres qui dépassent 0,40 à 0,50, on fait les colonnes par tronçons de 2 à 3 mètres, coulés debout et assemblés à emboîtement ou à bride.

C'est ainsi que sont disposées les enveloppes métalliques des piles de pont à fondations tubulaires dont on a fait un si fréquent usage dans ces derniers temps.

Diamètres.	Hauteurs.	Épaisseurs.	Poids par mètre linéaire.	Charges permanentes.
m.	m.	m.	kil.	kil.
	3.00	0.012	30 à 33	19.500
0.120	3.50	0.014	36 à 40	16.500
	4.50	0 012	44 à 48	13.800
	3.50	0.014	46 à 50	23.200
0.147	4.50	0.015	55 à 60	19.900
	5.50	0.013	61 à 66	16.000
	3.50	0.010	55 à 60	35.000
0.160	4.50	0.015	66 à 72	29.000
	5.50	0.016	74 à 80	24.000
	4.00	0.015	70 à 72	31.000
0.200	5.00	0.016	75 à 80	44.000
	6.00	0.018	83 à 85	40.000
	6.00	0.020	115 à 120	52.000
0.250	7.00	0.022	126 à 130	66.500
	6.00	0.021	147 a 150	108.000
	8.00	0.025	173 à 180	95.500
0.300	9.00	0.027	185 à 190	90.000
	10.00	0.029	197 à 200	85.400
	6.00	0.021	175 à 180	143.600
0.350	9.00	0.027	220 à 230	126.578
	12.00	0.032	250 à 260	106.137

On fait reposer la colonne soit sur un dé de pierre bien dressé, soit sur une plaque de fondation avec boulons de scellement. Dans les constructions soignées, les extrémités des supports et les surfaces métalliques sur lesquelles on les appuie sont planées mécaniquement.

Les chapiteaux sont souvent accompagnés d'ornements d'une certaine importance; il est très-convenable de les faire de pièces rapportées : on évite ainsi beaucoup de chances d'accidents au fabricant. Pour les bases, on les fait venir du même jet que la colonne; il faut alors adopter des moulures simples, sans contour brusque et sans angle rentrant prononcé.

La partie supérieure des colonnes est ordinairement disposée pour recevoir l'assemblage des parties supérieures de la construction; nous donnons ci-contre divers exemples de ces arrangements (fig. 64, 65, 66 et 67).

On peut soutenir des poids très-considérables en accouplant les colonnes deux par deux ou quatre par quatre; on augmente encore très-notablement leur résistance en les réunissant par des entretoises.

Ces constructions présentent en quelque sorte, à l'état rudimentaire, les dispositions appliquées aux grands échafaudages métalliques qui forment les piles de certains viaducs modernes, dont il sera question plus loin.

MURS ET CLOISONS.

Il est rare que l'on ait à exécuter des murs entièrement métalliques. On peut citer en ce genre les murs de quais de Blackwall (Angleterre);

Les fortifications blindées;

Les cloisons en tôle plane ou ondulée, avec lesquelles on fabrique, dans certains établissements anglais, des édifices entiers pour l'exportation aux colonies;

Quelques constructions métalliques, formées d'une ossature dont les vides sont munis de plaques de tôle ou de fonte pleines ou à jour : on peut tirer de ce mode de construction un heureux parti décoratif.

On substitue aussi quelquefois un grillage en fer à un lattis de bois que l'on hourde en mortier ou en plâtre pour faire une cloison.

Le fer est employé de tout temps pour consolider les

SERRURERIE.

ouvrages de maçonnerie, soit sous forme de goujons ou de crampons pour unir les pierres de taille et ajouter à l'action du mortier ou en tenir lieu, comme dans les constructions antiques, soit sous forme d'ancres, de chaînes, de grands boulons pour maintenir l'écartement des murs, pour faire équilibre à la poussée des

Fig. 64.

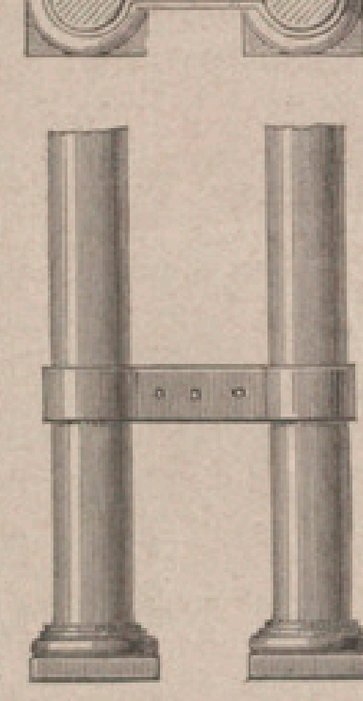
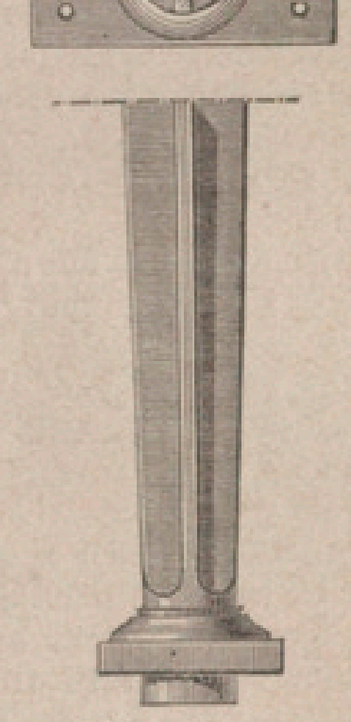
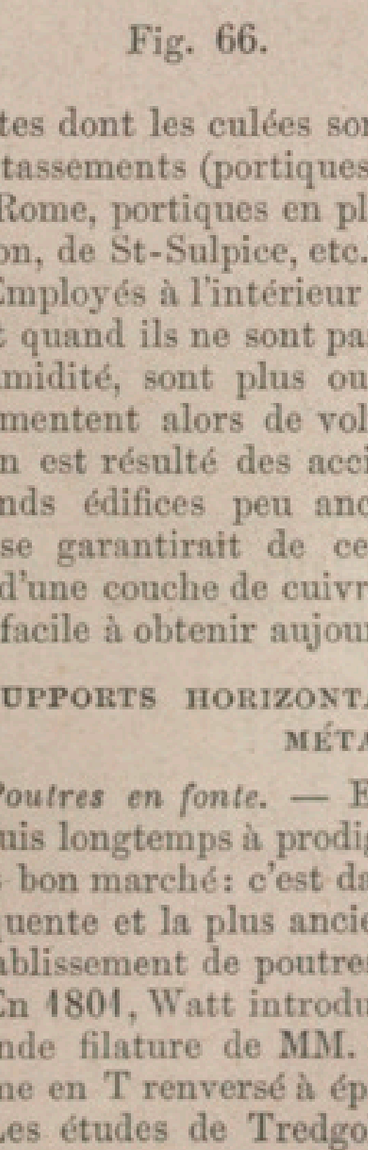


Fig. 65.





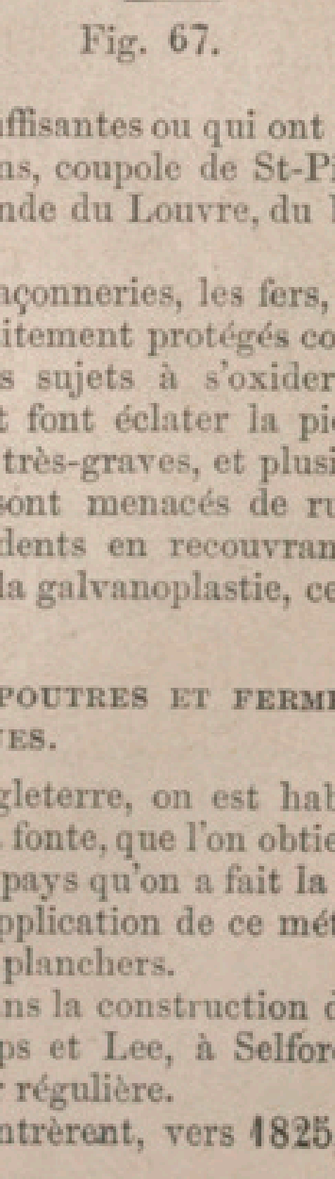


Fig. 66.

Fig. 67.

voûtes dont les culées sont insuffisantes ou qui ont subi des tassements (portiques italiens, coupole de St-Pierre de Rome, portiques en plate-bande du Louvre, du Panthéon, de St-Sulpice, etc.).

Employés à l'intérieur des maçonneries, les fers, surtout quand ils ne sont pas parfaitement protégés contre l'humidité, sont plus ou moins sujets à s'oxider; ils augmentent alors de volume et font éclater la pierre. Il en est résulté des accidents très-graves, et plusieurs grands édifices peu anciens sont menacés de ruine; on se garantirait de ces accidents en recouvrant le fer d'une couche de cuivre par la galvanoplastie, ce qui est facile à obtenir aujourd'hui.

SUPPORTS HORIZONTAUX, POUTRES ET FERMES MÉTALLIQUES.

Poutres en fonte. — En Angleterre, on est habitué depuis longtemps à prodiguer la fonte, que l'on obtient à très bon marché: c'est dans ce pays qu'on a fait la plus fréquente et la plus ancienne application de ce métal à l'établissement de poutres et de planchers.

En 1801, Watt introduisit dans la construction de la grande filature de MM. Philipps et Lee, à Selford, la forme en T renversé à épaisseur régulière.

Les études de Tredgold montrèrent, vers 1825, les

avantages de la forme à double T à semelles égales : les planchers en fonte se multiplièrent rapidement à partir de cette époque.

Cependant plusieurs accidents très-graves se produisirent : Oldham 1844 (Lancashire), prison de Northlach (Glocester) ; la sollicitude du gouvernement, et l'attention des savants et des industriels s'éveillèrent. M. Hodgkinson entreprit l'étude du problème au point de vue théorique et expérimental. Parmi ses nombreux essais, celui qui paraît avoir le plus influé sur ses conclusions est le suivant : prenant deux prismes semblables de $1^m,28$ de long, portant une nervure, il plaça le premier sur deux appuis avec la nervure en-dessous ; il se rompit sous une charge, placée au milieu, de $127^k,50$; il plaça le second avec la nervure en dessus, il se rompit sous une charge de 459 kilog. Ces deux charges sont entre elles dans le rapport de 10 à 36. Cette expérience met en évidence la supériorité de la fonte pour la résistance à la compression. Sous l'empire de ces faits, l'auteur, partant de la poutre en double T de Tredgold, fit fabriquer une série de poutres dans lesquelles on enlevait progressivement une certaine quantité de métal à la semelle supérieure pour l'ajouter à la semelle inférieure, et il les rompit : ces épreuves le conduisirent à admettre le profil en double T à branches très-inégales. L'examen des tableaux d'expériences de M. Hodgkinson a conduit M. Pirel à proposer les formules suivantes pour déterminer les dimensions des poutres en fonte : dans ces formules, P exprime en tonnes de 1000 kilog. la charge de la poutre ; l exprime sa longueur ; toutes les quantités linéaires sont exprimées en centimètres :

$$h = 1{,}85\sqrt{Pl} \quad e = \frac{1}{15}h \quad b = \frac{3}{5}h \quad b' = \frac{1}{7}b.$$

Cependant on a fait observer que ces conclusions sont fondées sur des épreuves de rupture. Dans la pratique, on se tient fort loin des charges de rupture ; dans les limites admises pour les charges permanentes, vers $3^k,50$, les allongements et les raccourcissements élastiques sont sensiblement de même valeur ; ce n'est qu'au delà de ces limites que les inégalités de résistance de la fonte à l'extension et à la compression se manifestent. Ce ne serait donc que dans le cas où la poutre serait accidentellement exposée à des charges capables d'amener sa rupture qu'on serait logiquement conduit à la forme en double T à branches inégales : or, on n'admet pas en général cette hypothèse ; la forme en double T semble donc, pour la fonte comme pour le fer, la plus économique, celle qui, pour une même quantité de matière employée, permettra de supporter d'une manière permanente la charge la plus forte, sinon celle qui résistera le mieux à la rupture. On est d'autant plus fondé à donner la préférence au double T, que cette forme présente des chances de succès mieux assurées dans les opérations de la fonderie.

M. Guettier a aussi entrepris, aux usines de Marquise, d'intéressantes expériences sur les poutres en fonte, principalement au point de vue de leur application aux ponts et ouvrages d'art courants des chemins de fer. Elles ont porté sur quatre séries de poutres, dont les modèles sont déposés au Conservatoire des Arts et Métiers.

1° Poutres de formes simples de poids uniformes.
Sections en forme de figures géométrique pleines.
— — évidées.
— à double T et à simple T.
2° Poutres à T de même poids et de proportions variables.
3° Poutres de même poids évidées.
4° Types divers.

Ces expériences ont mis en évidence la supériorité des formes en T, la nécessité d'adopter, pour la facilité de la fabrication, des formes aussi simples que possibles, et la convenance d'augmenter la section des poutres vers le milieu, c'est-à-dire vers la section dangereuse. Les poutres évidées présentent peu de garanties de solidité et ne peuvent être considérées que comme des pièces d'ornement, inconvénient qu'on doit attribuer surtout aux difficultés de leur fabrication.

En résumé, la fonte employée en poutres ou en sommiers ne peut résister aussi sûrement que le fer à des efforts peu considérables mais souvent répétés.

La nature et le mode de fabrication de la fonte offrent des chances d'accident et de destruction ; il est difficile aux fondeurs les plus consciencieux et les plus habiles d'affirmer qu'il fourniront à coup sûr des produits offrant toutes les garanties exigées.

Il est prudent de ne pas faire de poutres en fonte de plus de $8^m,00$ de portée ; cependant d'habiles ingénieurs anglais ont cru pouvoir étendre cette portée jusqu'à 12 et 15 mètres.

M. Guettier conseille encore, pour conserver à la fonte toutes ses qualités à la sortie des moules, de s'abstenir :

1° De congés, goussets ou diaphragmes placés en travers des poutres, ces accessoires augmentant peu la force de la poutre et pouvant gêner et compliquer le moulage, contrarier le retrait et laisser au métal une certaine tension qui diminue sa résistance ;

2° De trous venus à la fonte, à moins qu'ils ne soient d'un très-fort diamètre et placés dans des endroits où il serait difficile de les percer à froid ;

3° De nervures ou d'ornementations inutiles, qu'il convient de réserver pour les poutres de rive appelées à travailler dans des conditions moins défavorables que les poutres intermédiaires.

Il est essentiel de laisser aux bases des poutres en T une largeur suffisante pour qu'elles restent droites après le refroidissement et ne fouettent pas dans les manœuvres, soit une largeur égale au moins au quart de la hauteur pour la semelle inférieure, au cinquième pour la semelle supérieure.

L'épaisseur des semelles doit être en rapport avec leur largeur pour que la fonte circule librement et ne produise pas de reprise.

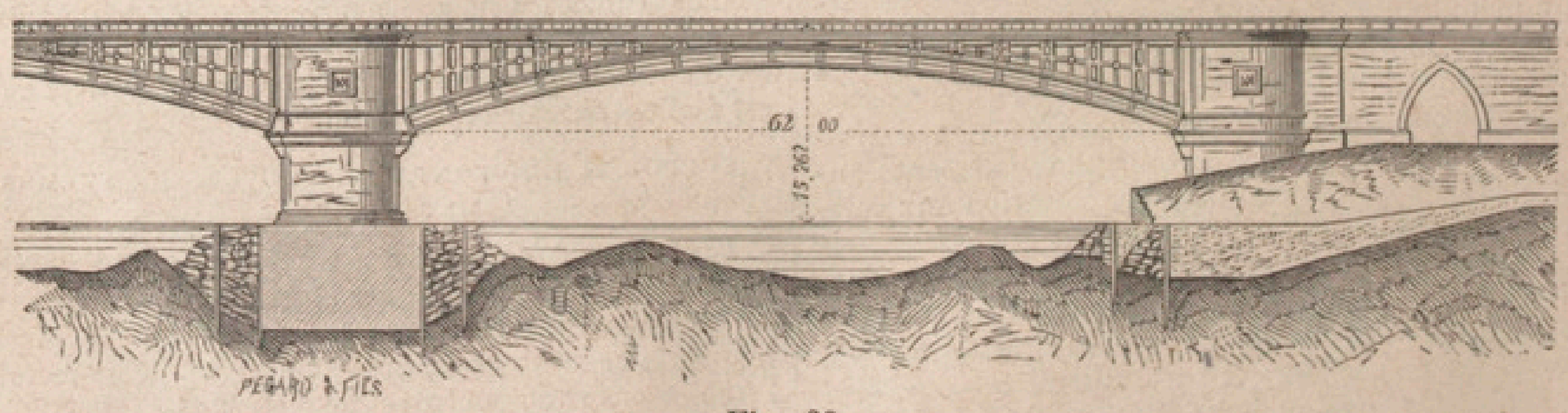


Fig. 68.

Malgré les inconvénients de l'emploi de la fonte elle a été souvent employée pour de grands travaux. Tel est le

magnifique pont de Tarascon (fig. 68), sur le Rhône, qui est un bel exemple de l'emploi de la fonte pour les grands ouvrages.

Poutres en fer. — Les profils des pièces de fer laminé employées à résister à des efforts fléchissants sous forme de solives, poutres, arbalétriers, pannes, etc., se déduisent de la théorie de la résistance des matériaux. Celle-ci nous apprend que, quand un corps prismatique est soumis à la flexion, la relation exprimant que l'équilibre existe dans une section donnée entre les forces extérieures qui tendent à produire la rupture des corps et les forces moléculaires qui s'opposent à sa destruction est la suivante :

$$P\,l = \frac{R\,I}{V}$$

formule dans laquelle on représente par

P la résultante des charges extérieures, d'un côté ou de l'autre de la section considérée, en tenant compte des réactions des points d'appui;

l la distance de P à la section de rupture;

R la charge que la matière employée peut supporter d'une manière permanente avec sécurité;

I le moment d'inertie de la surface par rapport à une horizontale passant par son centre de gravité;

V la distance à cette horizontale du point de la surface qui en est le plus éloigné.

On peut comparer au moyen de cette formule divers profils offrant une même superficie et correspondant, par conséquent, à un même poids de métal, et sensiblement à une même dépense par unité de longueur. Cette comparaison conduit à des résultats importants pour la pratique: proposons-nous, par exemple, de chercher les charges que pourraient porter des barres de fer de même longueur ayant toutes une section de 100 centimètres carrés, mais présentant des profils différents, et admettons, pour fixer les idées, que l'épaisseur minimum qu'il convient de donner au fer est de un centimètre. Ces charges seront entre elles dans les rapports suivants :

Cercle plein		1,00
Cercle évidé de 1 centimètre d'épaisseur		5,47
Carré posé sur un côté		1,18
Carré dont une diagonale est verticale		0,82
Rectangle; le rapport de la hauteur à la base étant	2	1,63
—	3	2,12
—	4	2,37
—	5	2,70
—	100	10,00
Rectangle évidé, en double T, dont l'épaisseur est de 1 centimètre, le rapport de la hauteur de l'âme à la largeur des ailes étant	1	8,93
—	2	11,67
—	3	12,79
—	4	13,00
—	5	13,07
—	6	13,11
—	10	13,02
—	15	12,78
Croix d'équerre à branches de 1 cent. d'épaisseur		2,91

Ces résultats mettent bien en évidence la supériorité du profil en double T et montrent qu'il atteint sa valeur maximum quand la hauteur de l'âme est égale à six fois la hauteur des ailes.

Pour préciser davantage encore, nous comparerons les profils précédents en les supposant attribués à des poutres de 1 mètre de longueur posées sur deux appuis de niveau, et en fer capable de supporter une charge de 6 kilog. par mmq.; le calcul indique que les divers profils employant la même quantité de métal supporteront des charges bien différentes appliquées au milieu, savoir :

Le cercle plein	6,768 kil.	
Le carré plein	7,968	
Le rectangle au rapport 5	18,162	
Le double T au rapport 1	60,048	Rapports.
— — 5	88,752	1,00
En supprimant une aile du double T précédent de manière à avoir un T simple.	52,896	0,59
En supprimant deux ailes	41,472	0,45
En supprimant l'âme.	49,728	0,55
En supposant toute la matière disponible concentrée dans les deux ailes.	177,600	2,00

Ainsi, dans l'exemple présent, à une âme pesant 56 kilog. si l'on ajoute deux ailes pesant seulement 22 kilog., ou un supplément de poids et de prix de 0,39, au lieu de 41,472 kilog., la pièce pourra porter 88,752, c'est-à-dire 47,280 ou 1,14 de plus.

On sait d'ailleurs que si, au lieu de concentrer la charge au milieu, on la répartit uniformément sur toute la longueur de la barre, on pourra la doubler sans augmenter la fatigue du support horizontal; on sait aussi que si, au lieu de poser simplement la solive sur les appuis, on l'y encastre solidement, sa résistance augmente de moitié; enfin si, au lieu de lui donner la forme prismatique on lui donne celle d'une solive d'égale résistance, on pourra encore augmenter notablement la charge pour une même quantité de matière attribuée au support.

Il n'y a donc aucun doute à concevoir sur la forme à donner aux pièces fléchies ; c'est celle du double T. Nous allons en citer de nombreuses applications :

I. *Planchers en fer.* — L'augmentation continuelle du prix des bois, la plus grande sécurité contre les incendies, l'avantage de réduire l'épaisseur des planchers à grandes portées, et, enfin, la plus grande habitude de l'emploi du fer, ont amené depuis quelques années à multiplier de plus en plus les planchers en fer. Ils ne coûtent pas maintenant à Paris plus cher que les planchers en bois; leur durée est illimitée et leurs parties constituantes se retrouvent presque intactes dans les démolitions; aussi les planchers de toutes les maisons récemment construites dans les quartiers neufs sont-ils établis dans ce système.

On a beaucoup varié les dispositions des planchers, nous décrirons les plus usitées.

Quand on n'a pas à sa disposition des fers à double T, on peut employer des fers méplats qui sont, il est vrai, plus coûteux, parce qu'à poids égal ils sont moins résistants. Ces fers méplats, dont les équarrissages sont habituellement de 190×9, 165×9, 125×9 millim. pour les portées de 7, 6 et 5^m, sont espacés ordinairement de 0^m,75 à 0^m,80 les uns des autres. Ils sont scellés dans les murs et retenus par des ancres. On les réunit par des entretoises en fer carré de 16×16 millim. ou mieux en fer méplat de 20 millim. sur 10, accrochées sur les solives, et dont la courbure est telle qu'elles soient, à leur partie inférieure, à peu près au niveau du dessous des solives elles-mêmes.

Sur les entretoises on pose de petits fers de 11×11 m., parallèles aux solives, espacés de 0^m,25 environ les uns des autres. On fait sur ce treillage un hourdis en plâtre et plâtras, ou mieux en poteries et plâtre. Le plafond s'exécute en dessous sans lattes. Si le plafond est plein, le carrelage peut se poser directement; dans le cas contraire, on fait un lattis et on pose sur une couche de plâtre. Les parquets peuvent se poser directement sur le remplissage, mais il est d'usage de mettre des lambourdes sur lesquelles on cloue le plancher.

La fig. 69 donne la disposition la plus ordinairement employée aujourd'hui dans les planchers des maisons de Paris. Les solives sont des pièces à double T, semblables à celles dont il vient d'être parlé, engagées dans les murs

et retenues par des ancres. Ces solives sont espacées de 1 mètre environ les unes des autres; on leur donne,

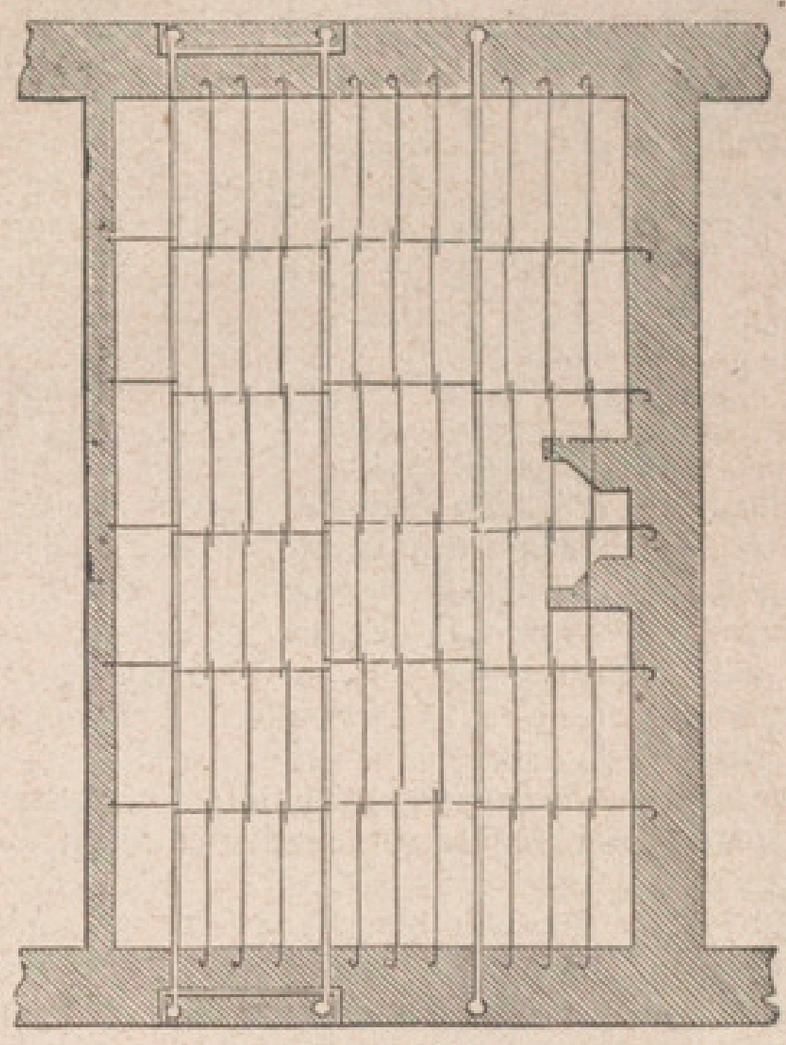


Fig. 69.

avant la pose, une flèche de 1/200 à peu près de l'ouverture. Elles sont réunies par des entretoises en fer rond, boulonnées, perpendiculaires à leur direction. Ces entretoises sont terminées par un crochet solidement scellé dans les murs; elles contreventent les solives. Ces entretoises sont espacées de 0m,80 à 0m,90 les unes des autres. On accroche sur ces entretoises les fantons, espacés de 0m,25, dont la face inférieure est à peu près au niveau du dessous des solives. Le hourdage s'exécute sur ce treillis métallique comme sur celui dont nous avons parlé d'abord.

La fig. 70 indique la disposition en coupe d'un plancher avec entretoises accrochées, disposition que l'on adopte souvent. Les fantons sont vus debout; il y en a trois dans chaque intervalle des solives. Le vide est hourdé en platras, avec plafond en plâtre. Les lambourdes sont posées sur les solives et reçoivent les feuillets du plancher. L'ancre de scellement des solives dans les murs est représentée en plan et en élévation par la fig. 71. Enfin, la fig. 72 montre le double crochet par lequel les fantons s'appuient sur les entretoises et le crochet simple des extrémités scellés dans les murs. Ces divers détails rapprochés du plan d'ensemble de la fig. 69 ne peuvent laisser aucun doute sur le mode d'établissement des planchers dont il s'agit.

Aujourd'hui on laisse le plus souvent les fantons et les entretoises descendre jusqu'au niveau des ailes inférieures des solives.

Dans certaines grandes constructions, le remplissage du plancher se fait en briques creuses ou bien en pots, en tuyaux de drainage scellés au plâtre. Ces remplissages, bien que très-légers, donnent au système une grande rigidité, augmentent sa résistance, sont très-secs et jouissent du grand avantage, pour les maisons de ville, de diminuer beaucoup la communication du bruit d'un étage à l'autre.

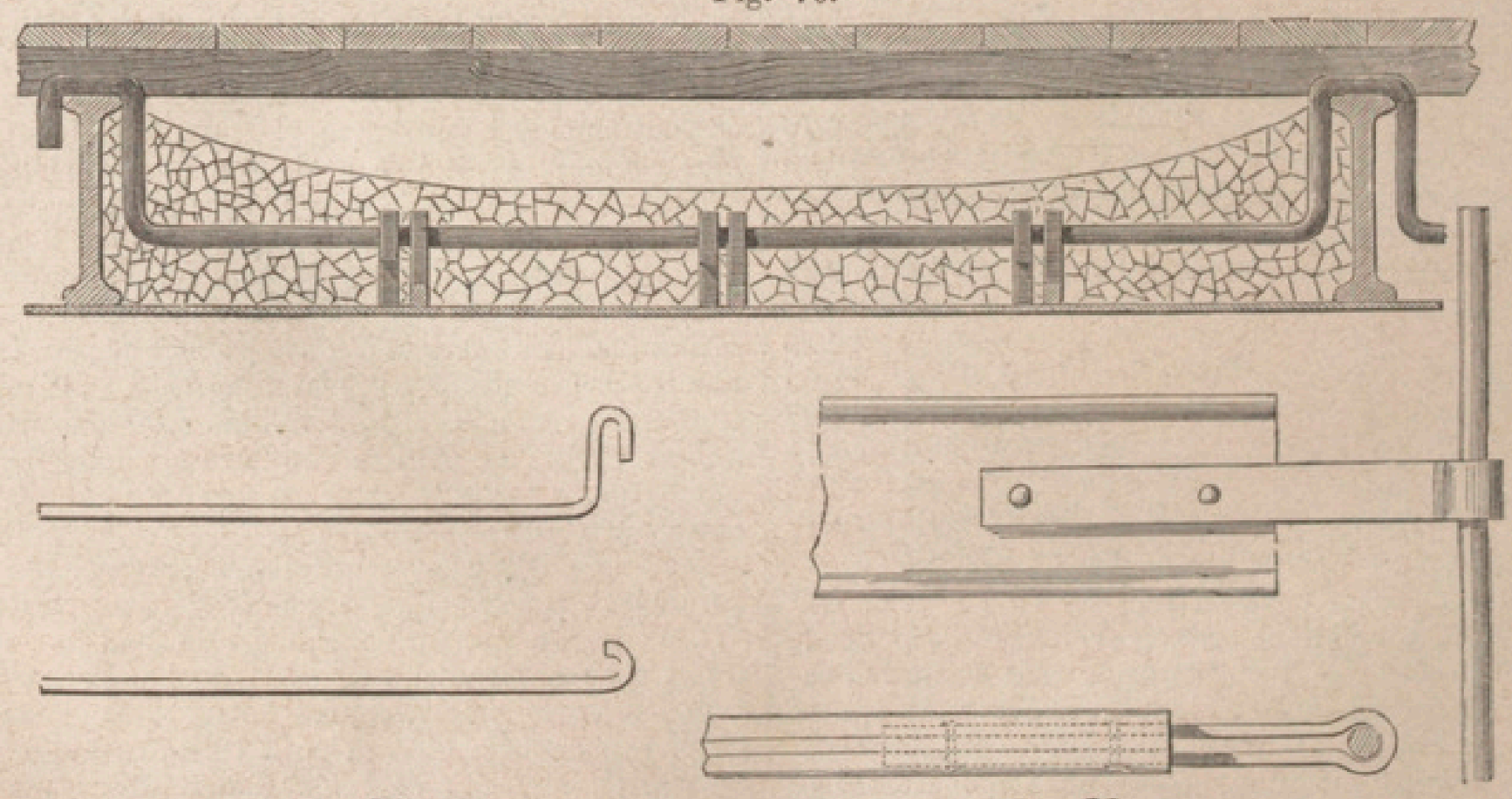
Certains constructeurs, dans les planchers de grande portée, contreventent les solives par des croix de Saint-André ou des pièces en fonte; d'autres réunissent les solives par des plates-bandes en fer échancrées au-dessus de chaque solive, scellées dans les murs et contre lesquelles viennent s'appuyer les lambourdes des parquets. On ne pourrait, sans de nombreuses figures, discuter ces divers modes de construction ; mais ce qui précède suffit pour faire bien comprendre la disposition la plus ordinaire des ouvrages en question.

On peut admettre, comme point de départ du calcul des planchers métalliques, les charges suivantes :

Planchers de magasins fortement chargés et animés par le mouvement des colis	par mq.	1200 à 1500 kg.
Ateliers garnis de machines et appareils pesants, magasins de laines, lin, coton fourrages	»	600 à 800
Terrasses, ateliers peu chargés.	»	400 à 500

Habitations. — Poids permanent pour les planchers de 0m,20 d'épaisseur :

Fig. 70.



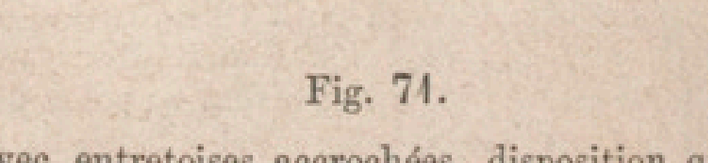


Fig. 71.

Fig. 72.

Hourdage en plâtre.	195
Lambourdes et parquets	24
Scellements de lambourdes	30
Poids du fer	25
Total . . .	274

Planchers de 0m,35 d'épaisseur	299
— 0m,40 —	320
Pour les planchers hourdés en briques creuses on compterait un poids mort moindre, soit pour 0m,30 d'épaisseur	225
— 0m,35	245
— 0m,40	260
Surcharges accidentelles. — Habitations ordinaires, étages lambrissés sous combles, chambres à coucher, cabinets	76
Salons des 3e et 4e étages	101
Salons des 1er et 2e étages	130
Magasins et boutiques du rez-de-chaussée	200
Édifices publics, grands salons	280
Soit en moyenne, poids permanent et surcharges accidentelles comprises, pour les grands édifices	600
Pour les habitations ordinaires	375

On calcule la dimension des solives au moyen des formules ordinaires de résistance; on trouvera facilement les limites de portées de chaque nature de barre, ou les dimensions des barres à employer pour une portée moyenne. Pour simplifier les tâtonnements, on remarquera seulement ici que les fers à double T de forme ordinaire, employés habituellement dans les constructions d'importance moyenne, ont en hauteur de 1/30 à 1/35 de leur portée. On sait que les solives, posées tant plein que vide, ont ordinairement en hauteur 1/24 de leur portée, et que l'on donne aux poutres une épaisseur égale à 1/18 de leur portée. Ces chiffres suffisent pour indiquer la grande différence d'épaisseur des anciens planchers et de ceux en fer dont on vient de parler.

Le poids du fer par mètre superficiel, pour les planchers disposés comme on vient de l'indiquer, varie de 16 à 35 ou 40 kil. pour des portées comprises entre 3 mètres et 7 ou 8 mètres.

L'épaisseur totale des planchers terminés excède ordinairement de 0m,08 la hauteur des fers des solives.

En estimant le fer à 50 fr. les 100 kil. mis en place, et les remplissages à 1 fr. 50 c. le mètre carré, on trouve que le prix des planchers en fer à double T varie de 9 à 15 fr. pour des ouvertures comprises entre 3m,50 et 8 mètres.

Pour les planchers à grande portée, on peut employer des fermes formées de deux fers à T réunis par des lames de tôle. On forme ainsi un véritable fer à double T, d'une grande hauteur et dont le corps est très-mince. Les poutres ainsi établies peuvent offrir des résistances aussi considérables qu'on le désire; mais elles sont le plus souvent aujourd'hui remplacées par des fermes analogues à celles des ponts en tôle, dont il sera question un peu plus loin.

Poitrails. — Les poitrails sont des poutres destinées à porter les façades des maisons au rez-de-chaussée desquelles on établit des boutiques, ou à supporter les murs de refend au-dessus du vide des étages inférieurs. A Paris, on les compose ordinairement de deux ou trois fers à plancher, maintenus à écartement fixe par des fourrures en fonte et serrés ensemble par des frettes ajustées à chaud. Au niveau du rez-de-chaussée, la charge est habituellement d'environ 25,000 kilog. par mètre courant.

Il serait généralement plus avantageux de les fabriquer avec des poutres en tôle, qui offriraient une solidarité plus complète et une meilleure assiette pour la maçonnerie.

II. *Fermes des combles.* — L'emploi du fer dans les grandes charpentes est devenu à peu près général aujourd'hui.

Les gares de chemins de fer, où les fermes sont toujours apparentes, ont conduit les ingénieurs et les architectes à faire une étude toute particulière des constructions de ce genre, qui présentent, sur la plupart des grandes lignes de chemins de fer, des modèles d'élégance et d'économie.

Les exemples de grandes fermes que l'on va citer seront empruntés à des couvertures de gares, parce qu'elles peuvent mieux que toutes autres montrer les ressources et les procédés de l'art de la grosse serrurerie.

Le calcul complet des dimensions des différentes parties d'une ferme est une opération délicate, qui laisse même encore à désirer, malgré les travaux de mathématiciens habiles. On est donc obligé de recourir à des formules plus ou moins approximatives, mais que l'expérience a reconnue suffisantes pour les applications ordinaires. Il serait inutile de reproduire les indications que l'on trouve à ce sujet dans tous les aides-mémoire. Notre seul but étant ici d'indiquer les ressources, encore peu connues, que présente l'emploi des fers spéciaux dans l'art des constructions, il nous suffira de décrire, en nous aidant de coupes et de quelques vues, les fermes les plus remarquables exécutées en fer depuis un certain nombre d'années.

Tous les dessins ci-après sont à la même échelle, pour que l'on puisse saisir immédiatement l'importance relative des ouvrages pris pour exemples.

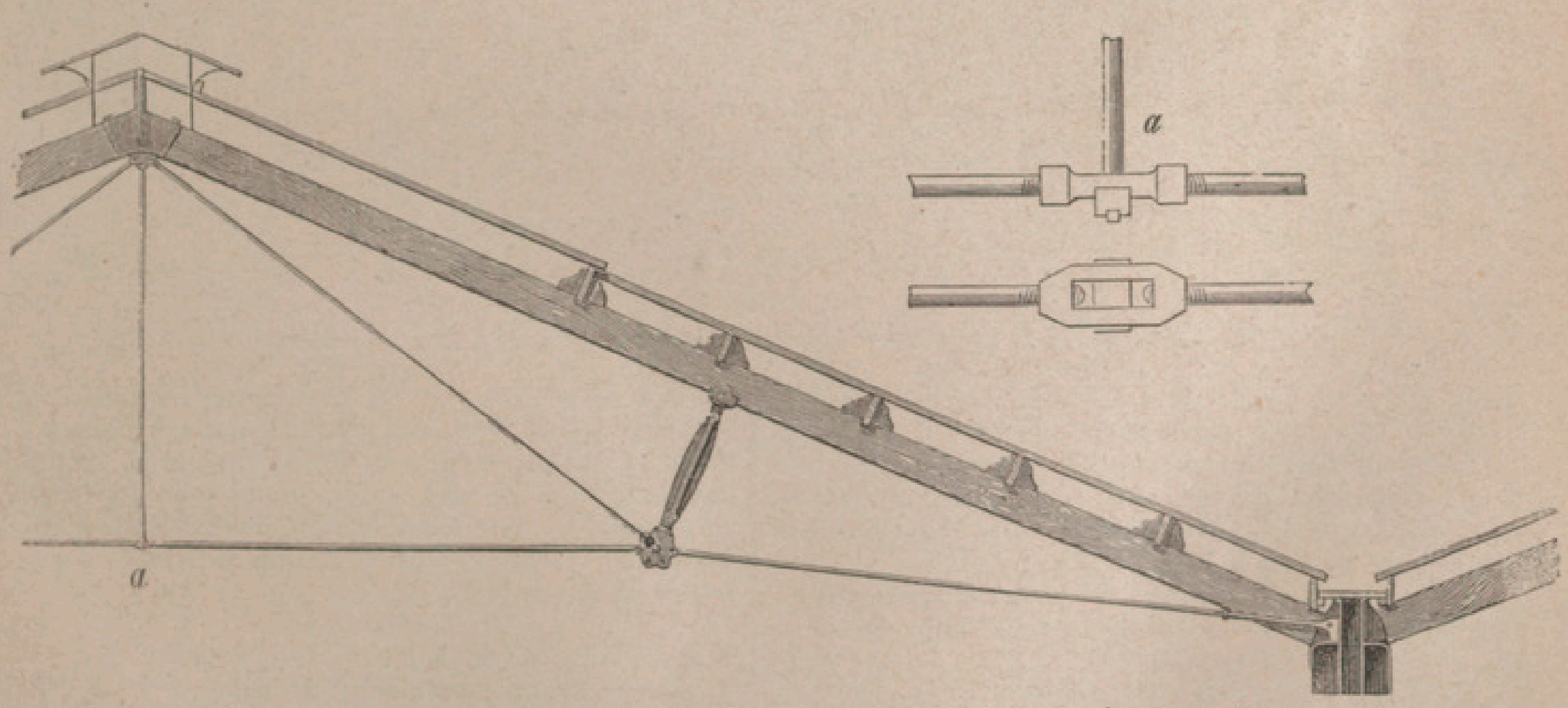


Fig. 73. — Ferme de la gare du chemin de fer de Lyon à Paris. — Échelle de 0,10.

On exécute souvent les fermes en bois et en fer. Les arbalétriers sont en bois, mais ajustés avec des sabots en fonte, et les tirants, les entrais, les jambettes sont, au contraire, en fer. Nous décrirons d'abord une ferme de cette espèce. L'emploi simultané et bien entendu du bois et du fer dans les charpentes de combles peut recevoir de très-nombreuses applications, et produit même souvent un meilleur effet pour l'œil qu'une charpente entièrement en fer pour les portées moyennes.

Les fermes du comble de la gare de Vierzon et de la plupart de celles du chemin du Nord sont établies dans ce système.

La fig. 73 reproduit les dispositions de la charpente de la gare de Paris du chemin de Lyon, dont la bonne disposition intérieure est généralement reconnue.

Les fermes de cette gare reposent d'un côté sur un mur et de l'autre sur une série de colonnes en fonte, reliées par des arcades fort élégantes; l'ouverture de la ferme est de 21^{m},30, sa hauteur de 4^{m},48. Les arbalétriers sont en bois; ils ont 0^{m},30 sur 0^{m},20 d'équarrissage. Les pannes, également en bois, ont 0^{m},20 sur 0^{m},15; elles sont espacées de 1^{m},40 les unes des autres. Les tirants et le poinçon sont en fer rond de 0^{m},03 à peu près de diamètre. Les jambettes sont en fonte; elles ont la forme de petites bielles. La partie supérieure du toit est couverte en verre, le reste est couvert en zinc. Au point de réunion des tirants et des jambettes, ces diverses pièces sont serrées et boulonnées entre deux plaques de fer. La fig. *a* indique l'ajustement de l'entrait et du tirant principal. Les extrémités des arbalétriers sont reçues dans des boîtes en fonte, auxquelles sont fixées, par des étriers en fer, les tirants ou l'entrait.

La distance entre les colonnes qui supportent les fermes est de 10 mètres. Cet intervalle est partagé en trois parties par deux fermes. L'écartement entre ces fermes est donc, d'axe en axe, de 3^{m},30 environ. Il n'existe dans cet intervalle qu'un seul chevron entamé à mi-bois sur les pannes. Des planches, posées à recouvrement, sont clouées en diagonale sur les pannes et reçoivent la couverture en zinc de l'édifice.

Comme premier exemple de ferme entièrement en fer, nous citerons celle de la gare du chemin de fer de Saint-Germain, à Paris (fig. 74).

Dans la ferme précédente, l'arbalétrier n'était soutenu qu'en un point de sa longueur par une jambette en fonte. Ici, il y a trois jambettes, de manière que chaque demi-ferme présente, comme tracé général, six triangles partiels, tandis que la disposition précédente n'en offrait que deux. La disposition actuelle peut répondre, du reste, aux cas les plus compliqués.

La ferme de Saint-Germain, de l'axe de la colonne au nu du mur, a 27 mètres d'ouverture. La montée est de 6 mètres, l'attache de l'entrait et du tirant principal est à 1^{m},22 au-dessus de la ligne horizontale passant par les appuis des arbalétriers. Ces pièces sont en fer à double T. Comme on n'aurait pas pu avoir des barres d'un seul morceau de la longueur totale de l'arbalétrier, on a fait la réunion des barres au-dessus des jambettes.

On remarquera d'ailleurs qu'au moyen des six triangles formés par les tirants, les jambettes et l'arbalétrier, cette pièce forme, dans sa totalité et dans ses parties, une véritable poutre armée, dans laquelle les matériaux sont employés de la manière la plus convenable pour obtenir la plus grande résistance possible d'un poids donné de métal. La disposition adoptée en pareil cas par beaucoup d'ingénieurs anglais n'a pas été aussi heureuse, comme on le verra dans les exemples suivants. Dans la ferme de Saint-Germain, les pannes sont, comme les arbalétriers, en fer à double T, mais ajustées de manière que le plan de leur face supérieure se confonde avec celui des faces des arbalétriers eux-mêmes. Elles sont écartées les unes des autres de 1^{m},85.

Nous ne multiplierons pas davantage les dessins de fermes à une ou à trois contre-fiches. Nous citerons seulement, pour donner un exemple des poids des diverses pièces qui entrent dans une pareille construction, deux exemples de fermes dont l'étude et la construction ont été très-soignées.

Les fermes qui portent la toiture en tôle du magasin de la Providence sont entièrement en fer, à l'exception des contre-fiches qui sont en fonte. L'ouverture de la ferme entre les murs est de 28^{m},60; elle repose sur le sommet de contre-forts en maçonnerie. La hauteur de la ferme est de 5^{m},50; la distance de l'assemblage du tirant et de l'entrait à la ligne horizontale passant par l'extrémité de l'arbalétrier est environ de 0^{m},90. Cela posé, voici le détail des dimensions et des poids des différentes pièces qui entrent dans la construction d'une travée de ce comble.

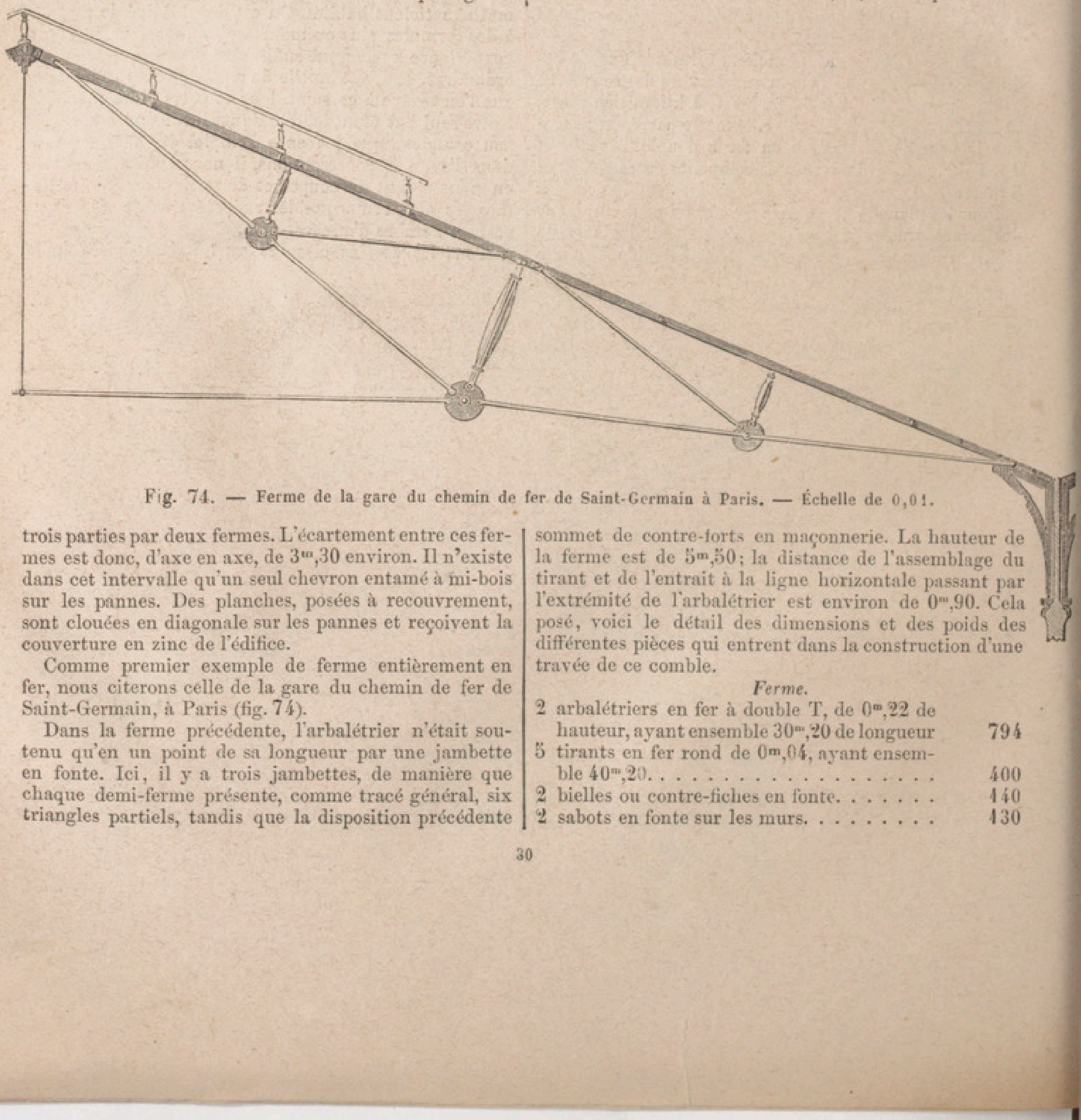


Fig. 74. — Ferme de la gare du chemin de fer de Saint-Germain à Paris. — Échelle de 0,01.

Ferme.

2	arbalétriers en fer à double T, de 0^{m},22 de hauteur, ayant ensemble 30^{m},20 de longueur	794
5	tirants en fer rond de 0^{m},04, ayant ensemble 40^{m},20.	400
2	bielles ou contre-fiches en fonte.	440
2	sabots en fonte sur les murs.	430

16 boulons de 0m,04	36
8 brides plates en fer de 0m,78 de longueur, et de 0m,075 sur 0m,015, pour assembler les tirants avec les sabots en fonte.	56
2 plaques d'assemblage des arbalétriers, de 0m,45 de long sur 0m,20 de large et 0m,014 d'épaisseur, et quatre autres découpées pour réunir les tirants et les bielles	40
4 plaques pour réunir les arbalétriers aux bielles, ayant 1 mètre de long, 0m,18 de largeur et 0m011 d'épaisseur, et 20 boulons	80
Total.. . . .	1,676

Travée.

16 pannes en fer double T, de 0m,14 de hauteur et de 5m,25 de longueur, et un faîtage de 0m,16 de hauteur, ensemble..	1,354
Boulons d'assemblage.	29
16 chevrons en fer double T, de 15m,60 de longueur et de 0m,05 de hauteur..	1,129
	2,512
Les travées avec lanternes pèsent.	4,658k,50
La couverture en tôle, pour une travée sans lanterne, pèse.	2,151k,60
La couverture en tôle, pour travée avec lanterne	1,638k,70
La vitrerie, de 50 mètres carrés de surface pour une travée, pèse	770k

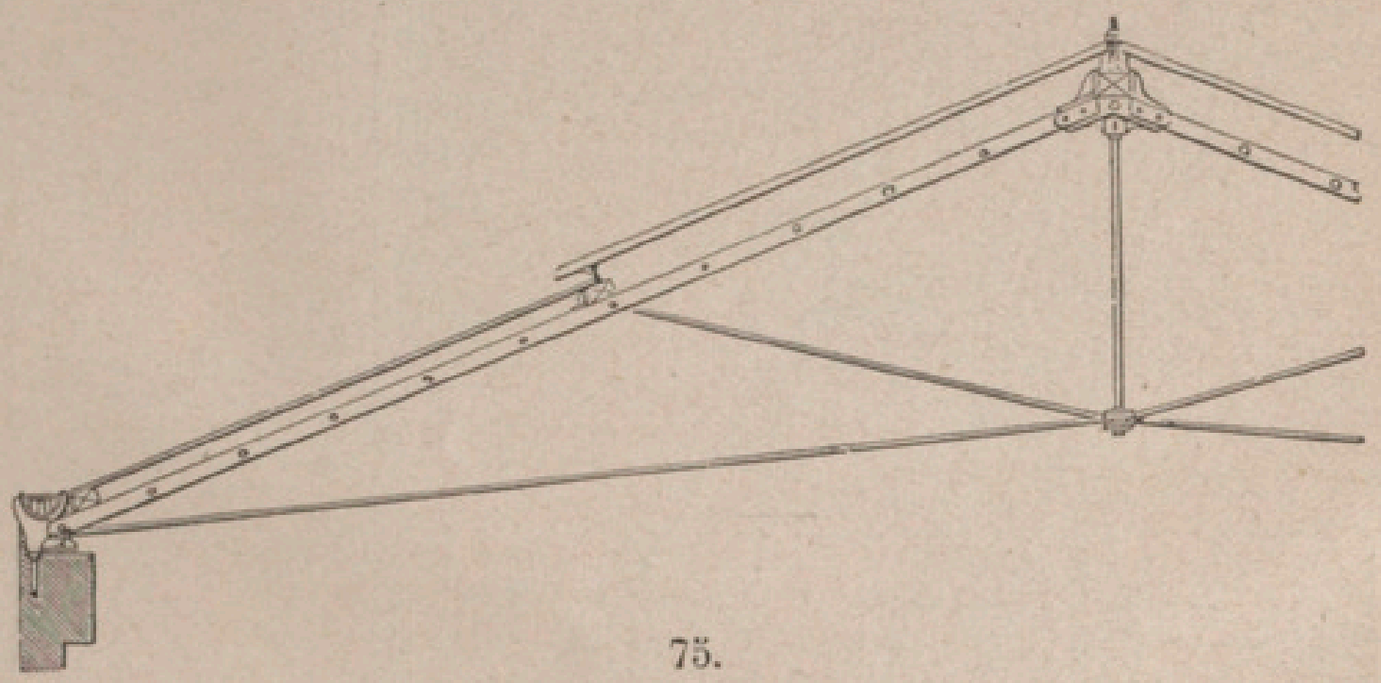
En multipliant les divers poids ci-dessus par le nombre de travées de la construction, ajoutant les produits et divisant par les surfaces, on trouve que le poids total par mètre carré de toiture est de 40k,50, et que le poids par mètre carré de surface couverte est de 42k,80. Au prix des matériaux, à l'époque de la construction de ce comble, le mètre carré de surface couverte est revenu, tout compris, à la somme de 27 fr. seulement.

Le second exemple de poids de pièces de fermes exécutées que nous voulons citer est celui de la gare de Bordeaux. Elle a 30 mètres de portée et 8 mètres de montée. Des consoles en fonte soulagent un peu les extrémités des arbalétriers voisines des murs. Les fermes sont espacées de 4m,18 environ. Chaque arbalétrier est soutenu par trois contre-fiches en fonte et triangulé par des tirants, comme dans la ferme de Saint-Germain, décrite précédemment. Le comble a 120 mètres de longueur ; il se compose de vingt-huit fermes, non compris les portiques. Voici les dimensions et les poids des pièces principales de cette immense construction.

SERRURERIE.

Fermes.

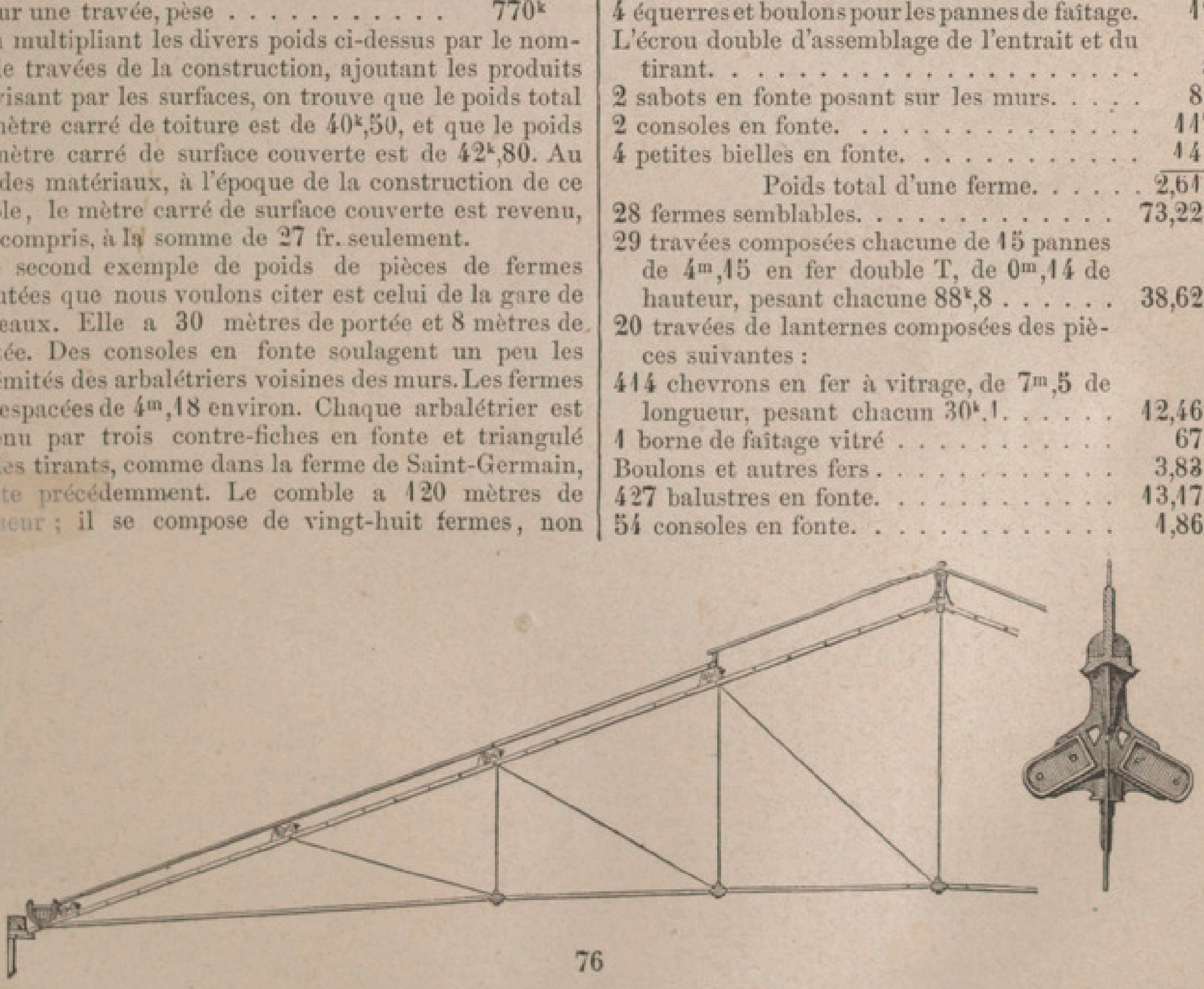
Arbalétriers en fer, double T, de 0m,16 de hauteur, ayant ensemble 34m,80	768
2 plaques posées sous les sabots en fonte. .	32
2 ancres en fer rond.	16
2 grandes bielles en fer forgé	190,50
Fers ronds pour tirants, de diamètres variant de 0m,036 à 0m,018.	388,0
Plaques d'assemblage découpées dans des tôles de 0m,012 d'épaisseur, ensemble. .	398,80
56 équerres en fer, de 0m,075 sur 0m,012, reliant les pannes et les arbalétriers. . .	204,40



75.

Ferme de la gare de Chester. — Échelle de 0,01.

474 boulons.	168,0
4 brides d'assemblage de faîtage avec le sabot des cordes.	83,00
4 équerres et boulons pour les pannes de faîtage.	19,0
L'écrou double d'assemblage de l'entrait et du tirant.	8,5
2 sabots en fonte posant sur les murs.	80,50
2 consoles en fonte.	117,60
4 petites bielles en fonte.	141,00
Poids total d'une ferme.	2,615,3
28 fermes semblables.	73,228,4
29 travées composées chacune de 15 pannes de 4m,15 en fer double T, de 0m,14 de hauteur, pesant chacune 88k,8	38,628,0
20 travées de lanternes composées des pièces suivantes :	
414 chevrons en fer à vitrage, de 7m,5 de longueur, pesant chacun 30k,1.	12,461,4
1 borne de faîtage vitré	675,8
Boulons et autres fers	3,831,2
427 balustres en fonte.	13,175,0
54 consoles en fonte.	1,863,0

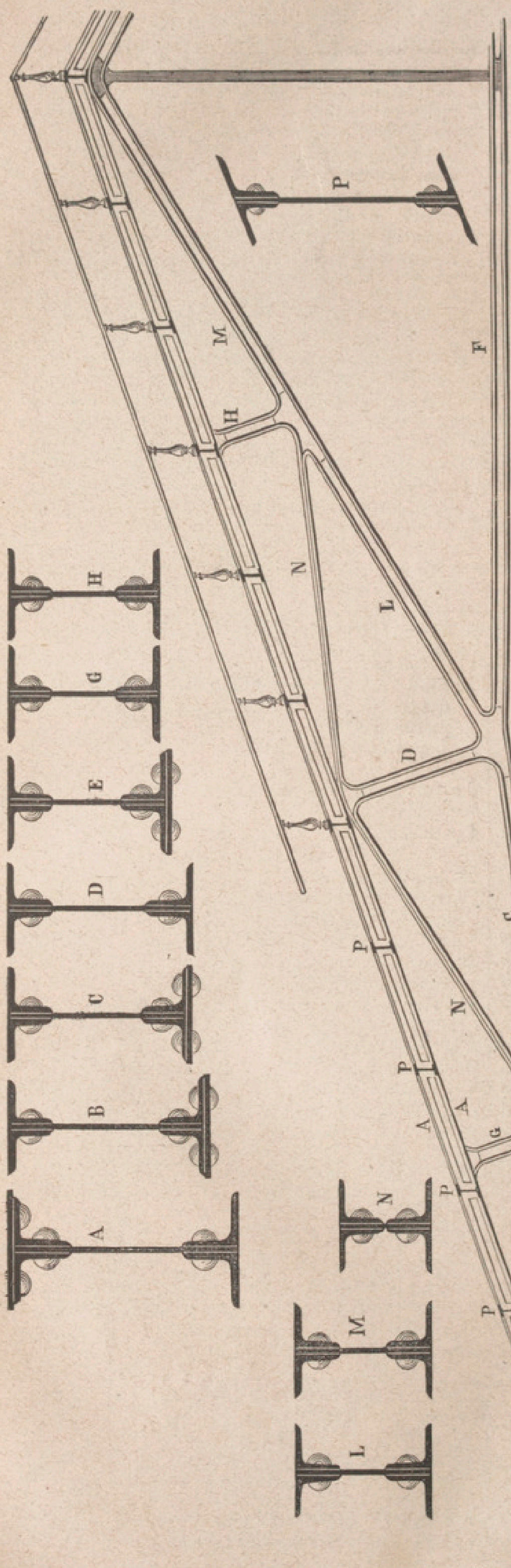


76

Ferme de la gare de Chester. — Échelle de 0,01.

664 supports de chevrons	664,0
Poids des travées.	71,298,40

SERRURERIE.



77. — Ferme de la gare (R.-D.) du chemin de fer de l'Ouest à Paris. — Échelles de 0,01 pour l'ensemble et de 0,10 pour les coupes.

Poids total du comble. 144,526,8 soit, par mètre carré de surface couverte, non compris la couverture, 40 kil.

Dans les essais, la ferme de la gare de Bordeaux n'a subi qu'une faible flexion sous une charge correspondant à 180 kil. par mètre carré de toiture.

Les fig. 75 et 76 se rapportent à deux fermes de la station de Chester, en Angleterre.

La première figure est celle d'une petite ferme de 14m,6 d'ouverture. Les arbalétriers sont formés de deux fers en E de 3 pouces de hauteur, réunis dos à dos par 11 rivets de 3/4 de pouce de diamètre, mais laissant entre eux un certain espace pour moiser les contre-fiches et les chantignolles des pannes et de la pièce faîtière. Les contre-fiches sont en fer simple T, et viennent se réunir au point d'intersection de l'entrait et du tirant. L'obliquité considérable de ces pièces et leur grande longueur relative les rend peu propres à soutenir l'arbalétrier, qu'elles sont cependant destinées à empêcher de fléchir. Les pannes sont en bois, en partie garnies de tôle. Un châssis vitré occupe le haut du comble.

La fig. 76 est une autre ferme de la même station de 18m,30 d'ouverture, établie dans le même système que la précédente, et plus sujette qu'elle encore à la critique, le poids de l'arbalétrier se trouvant reporté sur des pièces en fer assez longues et très-fortement inclinées. Le tirant devient d'une force considérable, et l'aspect de la construction n'est rien moins que satisfaisant dans son ensemble. La présence des pannes en bois ne paraît pas non plus parfaitement justifiée.

Nous terminerons enfin par la ferme du comble de la grande gare du chemin de l'Ouest, rue Saint-Lazare, à Paris. Cette importante construction forme la transition naturelle des ouvrages de chaudronnerie aux ouvrages en fer forgé, ou de grosse serrurerie proprement dits.

Cette ferme (fig. 77) a 40 mètres d'ouverture et 7 mètres de montée. Elle est entièrement composée de tôle et de fer d'angles combinés de la façon la plus heureuse ; elle fait également honneur à l'ingénieur, M. Flachat, qui l'a projetée, et à l'excellent constructeur, M. Joly, d'Argenteuil, auquel l'exécution en a été confiée.

Les sections A, B,... P, que présente la figure, sont faites aux points du dessin d'ensemble marqués des mêmes lettres. Ces

croquis montrent nettement le mode de construction des différentes pièces, mais on ne pouvait les surcharger des cotes nécessaires à l'indication de toutes leurs dimensions. Nous allons donc faire connaître celles des pièces principales.

Les arbalétriers (section A) sont formés d'une lame de tôle de 10 millim. d'épaisseur et de $0^m,30$ de hauteur, garnie de quatre cornières, ayant chacune 75 millim. de hauteur et 13 d'épaisseur moyenne. La lame de tôle qui réunit les deux cornières supérieures a 170 millim. de largeur et 14 d'épaisseur.

Les lames verticales des pièces C, D, G ont 9 millim. d'épaisseur; celle des pièces E, H, L, M, est de 8 millim.; la lame de la pièce B a 10 millim., celle de la pièce N en a 7, et, enfin, celle de la panne P n'en a que 6.

Tous les fers à cornière ont 6 centimètres de hauteur. Leur épaisseur moyenne est de 10 millim. pour les pièces B et G, de 8 pour les pièces C, D, E, M, et enfin de 6 pour les pièces H, L, N.

Les hauteurs totales des sections sont indiquées ci-dessous en millim.

B,	C,	D,	E,	G,	H,
270,	245,	240,	220,	200,	200,
	L,	M.	N,	P	
	180,	180,	120,	300	

Le diamètre des rivets est de 20 millim. pour les pièces A et D, de 18 pour B, C, G et H, de 16 pour E, L, M, enfin, de 15 pour N et P.

Les pannes ont été disposées verticalement, au lieu de rester normales aux versants du toit. Cette disposition a présenté quelques difficultés d'exécution.

La couverture est en tôle ondulée. La dépense par mètre carré de surface couverte, couverture comprise, ne dépasse pas 50 fr. C'est un prix bien remarquablement bas pour un comble d'une si énorme portée.

GRANDES POUTRES EN FER. PONTS EN POUTRES DROITES.

Dès que l'on a dépassé les hauteurs usuelles des fers à T du commerce on a recours aux poutres en tôle avec cornières; encore pour la hauteur de $0^m,50$ (et même au-dessous), est-il facile de voir que l'on peut faire une poutre en tôle présentant la même résistance et pesant 112 kil. au lieu de 145 kil. par mètre courant : il y a donc économie de poids mort, et un prix légèrement inférieur.

Les poutres de grande hauteur auraient par elles-mêmes peu de stabilité et seraient exposées à se gauchir, si l'on ne prenait pas la précaution de les contreventer énergiquement. Ce contreventement s'obtient dans les cas ordinaires, soit au moyen des assemblages des pièces incidentes, soit au moyen de pièces spéciales, en forme de T, assemblées verticalement sur l'âme. D'autres fois, on dédouble l'âme, et au lieu de poutres en double T on a les poutres dites en caisse, ou poutres tubulaires.

Quand les dimensions des poutres croissent encore, on est conduit, par les considérations théoriques, à évider l'âme et à la réduire à ce qui est strictement nécessaire pour établir la solidarité entre les deux semelles. De là divers types déduits de la théorie des systèmes articulés et dont l'emploi a permis de résoudre avec économie et sécurité un grand nombre de problèmes inabordables pour nos prédécesseurs. Les travaux des chemins de fer en offrent aujourd'hui d'innombrables exemples.

Il existe une assez grande diversité dans les dispositions adoptées pour les fermes : leur profil est toujours celui du double T ou de la caisse rectangulaire, mais l'âme verticale qui relie les plates-bandes peut être exécutée de différentes manières.

Poutres à âme pleine. — Ce sont les plus anciennes; les premières poutres en tôle, employées en Angleterre, paraissent avoir été construites vers 1847. Ce sont encore, en général, les plus économiques et les plus faciles à construire, mais leur aspect laisse souvent à désirer.

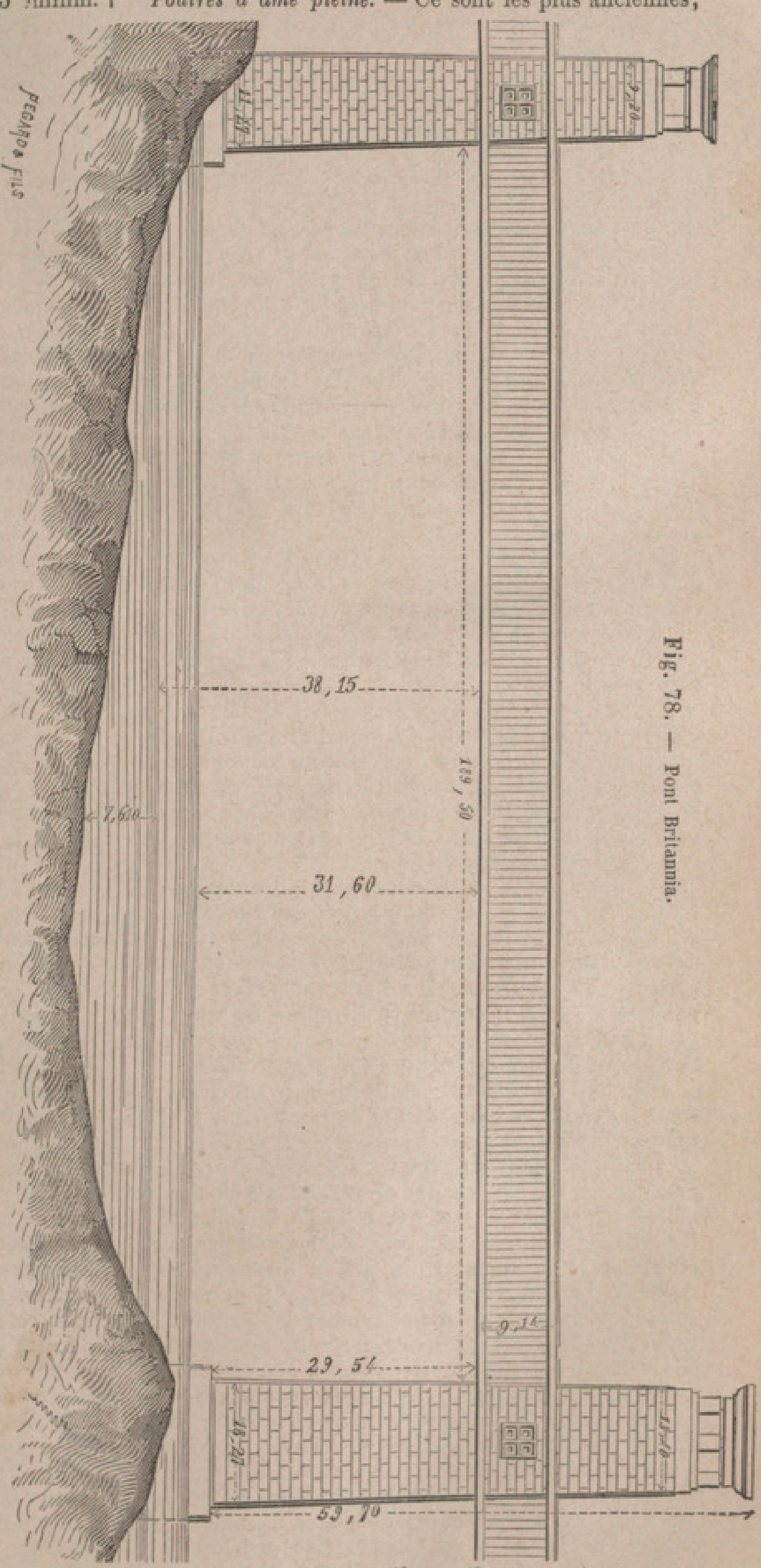


Fig. 78. — Pont Britannia.

SERRURERIE.

Les poutres du pont de l'embarcadère flottant de Liverpool sont construites dans ce même système. Elles ont 45m,71 de long; leur hauteur est de 1m,67 aux extrémités, et de 2m,59 au milieu; le corps de la poutre a 0m,61 d'épaisseur. La partie supérieure est divisée, par une cloison, en deux canaux rectangulaires, ayant ensemble 0m,76 de largeur et 0m,30 de hauteur.

L'un des premiers spécimens de grands ponts, supportés par des poutres creuses en tôle, a été construit sur le Trent, à Gainsboroug, pour le passage du chemin de fer de Manchester et de Sheffield. Ce pont est formé de deux travées de 46m,92 d'ouverture chacune. Les poutres ont 3m,65 de haut.

Les plus grands ouvrages métalliques qui existent ont été exécutés d'après le type à âme pleine. Les plus modestes lui sont aussi restés fidèles.

Parmi les premières il faut citer la plus gigantesque construction en tôle que l'on connaisse le célèbre pont-tube Britannia, construit par M. Stephenson, pour le passage du chemin de fer de Chester à Holyhead. Ce pont se compose de quatre travées : les deux travées extrêmes ont 70m,09 (fig. 78) de portée; les deux travées moyennes offrent un débouché de 140m,26. La longueur totale de l'ouvrage, y compris les piles et les culées, est de 561m,30. Les vaisseaux à voile peuvent passer sous le pont avec tous leurs mâts dehors. Ce pont se compose de deux tubes rectangulaires en tôle, dans chacun desquels passe une des voies du chemin.

Les efforts les plus grands s'exerçant à la partie inférieure et à la partie supérieure de la caisse, on a formé ces parties d'une série de tubes prismatiques accolés. Le mètre courant de ce pont a coûté 40,000 fr., dont 21,000 fr. pour les fers seulement; c'est un prix excessivement élevé.

Avant d'exécuter ce pont, on a fait de nombreuses expériences sur des modèles à l'échelle de 1/6. La résistance du fer à la compression étant inférieure à sa résistance à l'extension, les parties supérieures du tube devaient présenter une section plus grande que la partie inférieure; mais il fallait définir d'une manière exacte le rapport de ces deux sections. A cet effet, on a augmenté peu à peu les dimensions des feuilles supérieures jusqu'à ce que la rupture du tube eût lieu par le déchirement de la partie inférieure. On a constaté, par ces essais expérimentaux, que les parties inférieures et supérieures du tube résistent respectivement à la rupture par traction et à la rupture par compression avec une égale force, lorsque les sections de ces parties sont entre elles dans le rapport des nombres 22 et 24.

Entrons dans quelques détails sur les avantages qu'offrent les ponts métalliques qui se multiplient tant de nos jours.

Quels que soient, en effet, les avantages des ponts en maçonnerie, il est bien des circonstances où l'on est obligé d'y renoncer, soit par suite de la difficulté de trouver des points d'appui convenables, soit par la nécessité de se maintenir à un niveau déterminé, ou à cause de la lenteur relative inhérente à ce mode de construction, et de la perte d'intérêt des capitaux engagés dans les entreprises, qui en résulte forcément. On a vivement objecté dans l'origine, à l'emploi des métaux, la détérioration auxquels ils sont exposés par l'action chimique des agents atmosphériques ; aucun fait, à notre connaissance, ne s'est produit qui soit de nature à diminuer la confiance accordée aux constructions métalliques bien établies et bien entretenues. Elles offrent la solution de difficultés insurmontables par tout autre moyen : et quand même, de loin en loin, il faudrait se résigner à interrompre la circulation sur des voies importantes pendant quelques jours, cet inconvénient ne saurait balancer tous les avantages que l'on en retire habituellement; d'ailleurs l'habileté avec laquelle les ingénieurs de chemins de fer exécutent aujourd'hui les travaux d'entretien et de réparation les plus difficiles en pleine exploitation, permet d'espérer qu'on pourrait, au besoin, éviter tout arrêt, même pour le renouvellement des plus grands ouvrages.

L'usage des poutres droites surtout s'est considérablement étendu dans ces dernières années : ce type présente en effet des propriétés particulières qui, au point de vue de l'économie et de la rapidité des travaux, ont une très-sérieuse valeur.

Les poutres droites n'exercent sur les piles et culées que des efforts sensiblement verticaux; les appuis peuvent, par conséquent, être établis avec plus d'économie et de sûreté; quand les fondations sont difficiles, ou quand les piles sont très-hautes, cette considération est d'un grand poids. Les inconvénients dus aux changements de température peuvent être écartés par l'emploi de glissières, de rouleaux ou de secteurs.

Au-dessous de la ligne horizontale qui limite inférieurement une poutre droite, l'espace est complétement libre : c'est souvent une raison décisive pour y recourir sur les fleuves sujets à des débacles, à des crues violentes, ou fréquentés par une navigation active. Il n'y a guère d'autre solution possible lorsque les conditions d'un tracé imposent un minimum de hauteur au-dessus d'une voie publique ou d'un cours d'eau. On peut à volonté placer le tablier au bas de la poutre comme dans les ponts tubulaires, au sommet ou dans une position intermédiaire, et de là résultent de nouvelles facilités. Les opinions paraissent aujourd'hui fixées sur plusieurs points qui divisaient encore les constructeurs il y a peu d'années. Ces ponts se composent généralement de deux fermes établies avec toute la solidité voulue; on renonce au système des poutres à trois fermes solidaires, et à plus forte raison à celui des poutres indépendantes pour chaque voie; on n'y a plus recours que sur les chemins de fer dont le trafic ne promet pas un développement rapide; on attend que l'accroissement de la circulation l'exige pour établir la seconde poutre. Dans les ponts à plusieurs travées on ne conteste plus guère les avantages de la solidarité : on fait les poutres continues; on réalise ainsi sensiblement les conditions théoriques de l'encastrement vers les points d'appui, qui augmente la résistance des fermes dans une proportion considérable.

Comme exemples de ponts en tôle de dimensions moins considérables que le précédent, mais fort remarquables par leur simplicité et leur économie, nous citerons quelques-uns des ponts du chemin de ceinture de Paris qui ont été les premiers executés en France.

Parmi ces ponts, celui qui a été construit sous le chemin de fer de l'Est mérite une mention spéciale, en raison des sujétions particulières qu'il présentait.

Le chemin de ceinture passe sous le chemin de fer de l'Est, qu'il rencontre sous un angle de 25°. L'ouverture de ce pont, suivant le biais, est de 14m,60.

Il était nécessaire de diminuer, autant que possible, la hauteur entre le dessus des rails et le dessous des poutres. Grâce aux dispositions adoptées, on a pu réduire cette hauteur à 0m,415.

Le tablier, comme le montre la demi-coupe (fig. 79), est supporté par trois poutres, reliées par des entretoises placées de 2 en 2 mètres. Les rails sont posés sur des longrines emboîtées dans des caissons en tôle.

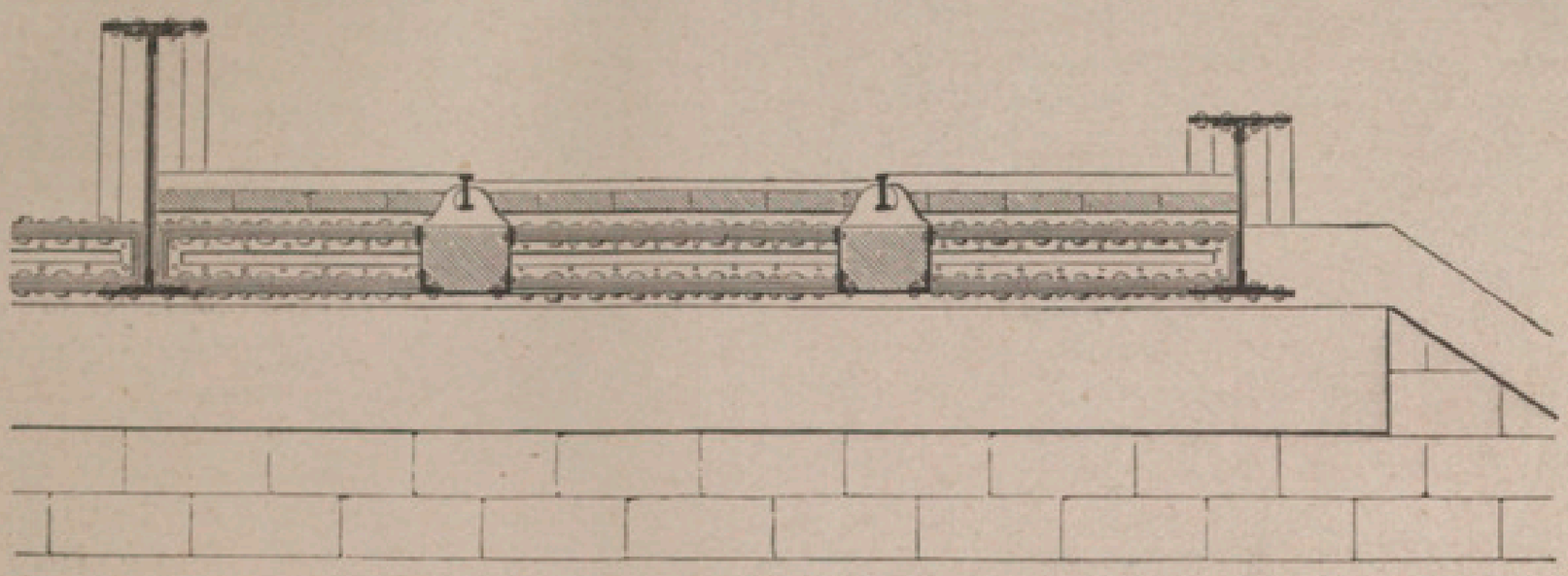
Les poutres ont un mètre de hauteur au milieu (fig. 80 et 81), et se réduisent à 0m,22 aux extrémités. La feuille de tôle verticale a 0m,01 d'épaisseur ; les lames horizontales ont 0m,40 de longueur et 0m,0135 d'épaisseur. La hauteur des cornières est de 0m,090 et leur épaisseur moyenne de 0m,012.

L'entretoise courante (fig. 82) a 0m,23 de hauteur; les lames horizontales ont 0m,36 de largeur; elles sont formées de deux feuilles de 0m,008 d'épaisseur chacune.

SERRURERIE.

La lame verticale a 0m,010 d'épaisseur. Les cornières ont 0m,080 de hauteur et 0m,012 d'épaisseur moyenne.

rectangulaires de 2m,25 de hauteur. Ces tubes sont contreventés par des croix de Saint-André en fer en E, et



79.

Demi-coupe en travers du pont du chemin de fer de l'Est sur le chemin de ceinture. — Échelle de 0,02.

L'entretoise de culée (fig. 83) n'a pas de lames horizontales.

par des traverses en fer à T qui supportent la voie posée

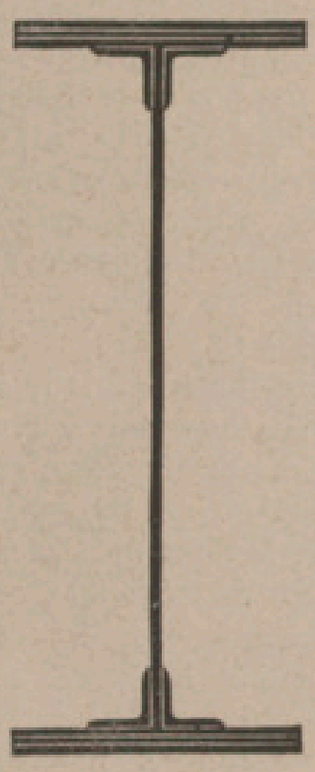


Fig. 80.

Coupe au milieu d'une poutre de rive. — Échelle de 0,05.

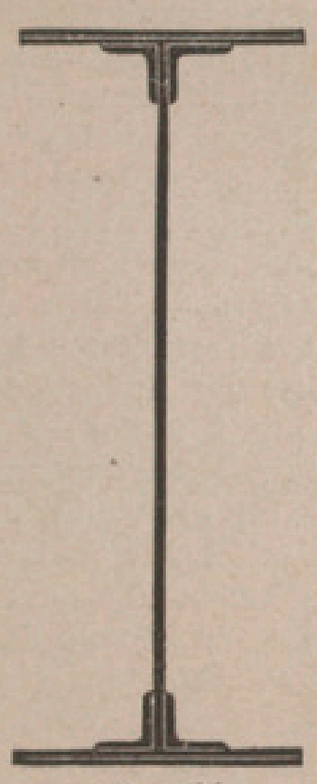


Fig. 81.

Coupe au milieu de la poutre intermédiaire. — Éch. de 0,05.

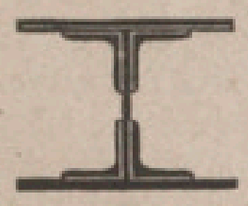


Fig. 82.
Coupe d'une entretoise courante.
Échelle de 0,05.



Fig. 83.
Coupe d'une entretoise de culée.
Échelle de 0,05.

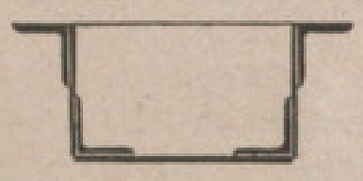


Fig. 84.
Coupe du caisson.
Échelle de 0,05.

sur des longrines en bois, indiquées par un ponctué sur la figure.

Le caisson (fig. 84) est en tôle de 0m,006, ajustée par des cornières de 0m,08 sur 0m,010.

L'une des dispositions les plus simples que l'on puisse adopter est celle du pont biais construit, pour le passage du chemin de fer de Saint-Germain, sur la grande route avant d'arriver au pont d'Asnières.

Le chemin de fer fait avec la route un angle de 25° environ. Les poutres de tête ont 33m,72, et supportent 4 voies. Il est vrai que l'extrême biais de l'ouvrage fait reporter, par les pièces de pont, une partie du poids sur les maçonneries.

La poutre de tête, dont la figure 85 représente la coupe en travers, a 2 mètres de hauteur. La tôle verticale n'a que 0m,006 d'épaisseur. La lame horizontale inférieure a 0m,015 d'épaisseur et la lame courbe supérieure 0m,008. Au droit des pièces de pont, la poutre est contreventée par une lame verticale, garnie de cornières disposées comme l'indique la figure.

On citera encore, parmi les ponts les plus importants, construits en tôle, dès l'origine, en France, celui sur lequel les chemins de Versailles, R. D., de Saint-Germain, de Rouen et de l'Ouest, traversent la Seine à Asnières.

Ce pont se compose de cinq travées. Les deux extrêmes ont 31m,09 d'ouverture, et les trois autres 32m,7.

Il est formé, comme l'indique la fig. 86 qui représente la coupe en travers d'une voie, de tubes en tôle

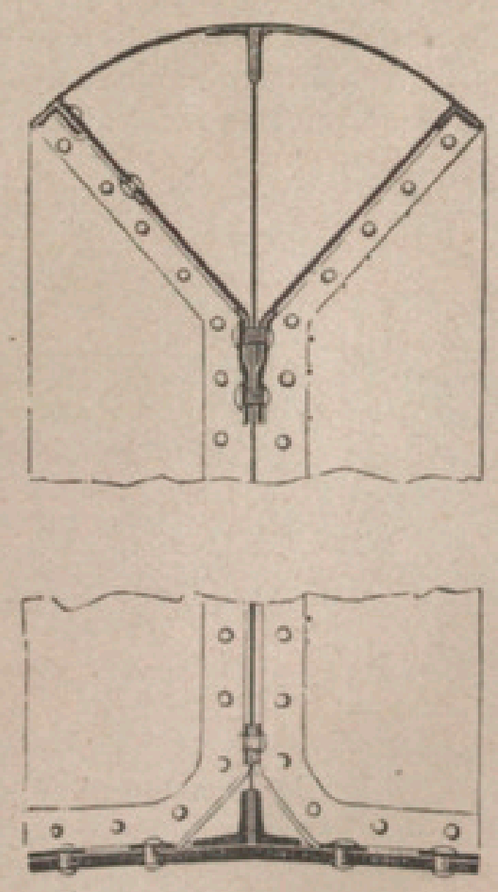


Fig. 85.

Coupe de la poutre du pont biais sur la route d'Asnières.
Échelle de 0,05.

Les fig. 87 et 88 donnent les sections des croix de Saint-André et de la traverse inférieure faites par les

SERRURERIE.

lignes *ab* et *cd* de la fig. 86. La barre en E de la fig. 87 a 200 millim. de largeur et 19 d'épaisseur.

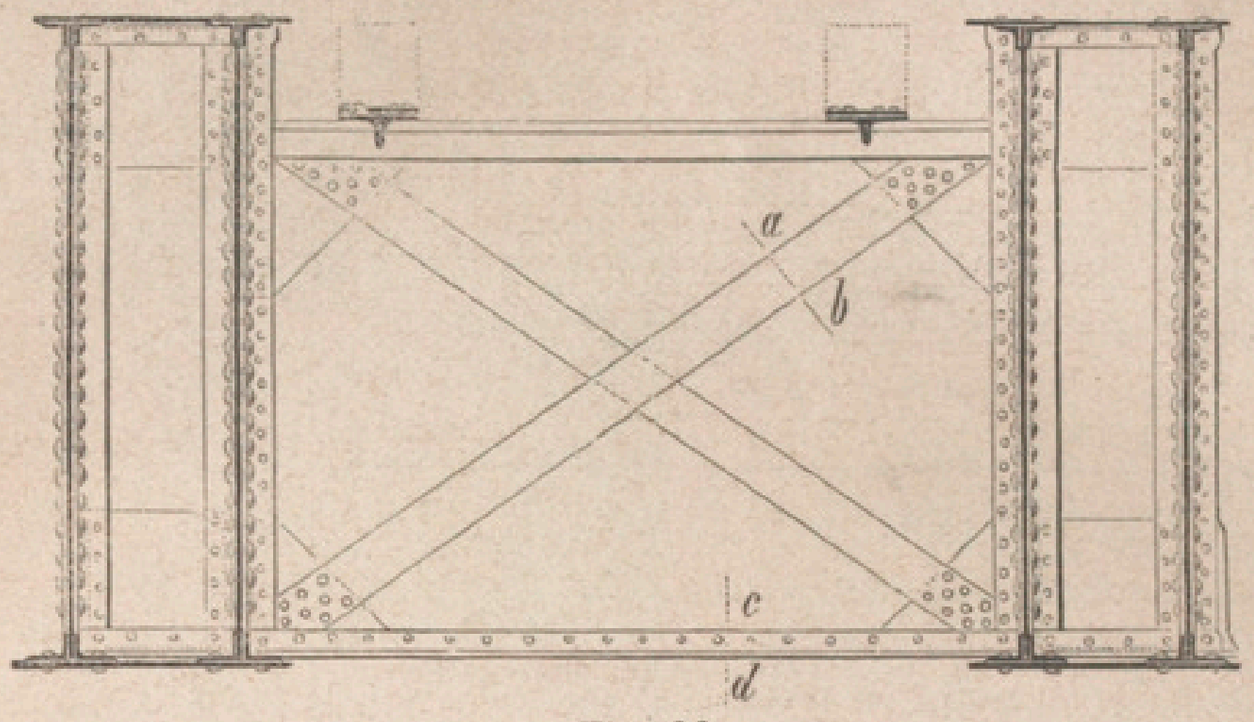


Fig. 86.

Coupe en travers d'une voie du pont sur la Seine, à Asnières. — Échelle de 0,02.

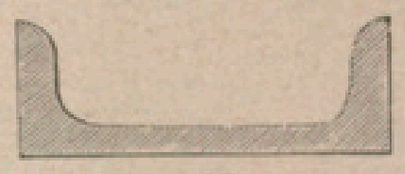


Fig. 87.

Coupe suivant la ligne *a b* de la fig. 76. — Échelle de 0,125.

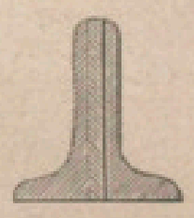


Fig. 88.

Coupe suivant la ligne *c d* de la fig. 76. — Échelle de 0,125.

Dans tous les exemples précédents, la tôle est employée en poutres droites. Il n'a encore été fait que peu d'essais d'arcs en tôle. Nous ne mentionnerons ici que l'arc de la première arche gauche du pont des Arts, qui offre un spécimen assez curieux de l'emploi des fers à cornières dans la construction des travées de ponts.

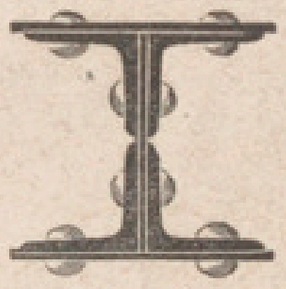


Fig. 89.

Coupe en travers de l'arc de l'arche gauche du pont des Arts. Échelle de 0,10.

La fig. 79 donne la coupe en travers de l'arc dont il s'agit; il a 0m,180 de hauteur; les lames inférieure et supérieure ont 0m,180 de largeur et 0m,811 d'épaisseur, comme la lame verticale. Les cornières ont 0m,080 de hauteur et 0m,011 d'épaisseur moyenne. Les rivets ont 0m,020 de diamètre. L'ouverture est de 23m,70, la flèche de 3m,10.

Le pont d'Arcole à Paris, dû à M. Oudry, est un exemple remarquable de construction (fig. 90). Il rentre en partie dans le genre de ceux dont nous allons parler.

Poutres en treillis. — C'est aux États-Unis qu'on doit les premiers exemples des poutres en treillis.

La plupart des voies de communication de l'Amérique du Nord ont été établies dans des pays presque vierges et elles ont rencontré, comme obstacles principaux, les grands fleuves qui portent à l'océan Atlantique ou au golfe du Mexique le tribut des eaux d'un continent immense. Il a fallu les franchir avec économie, car on ne pouvait attendre un revenu très-rémunérateur d'entreprises exécutées dans ces conditions; avec rapidité, car l'ardeur américaine n'admet pas de lenteurs, et on a dû, par conséquent, utiliser les ressources locales, c'est-à-dire les bois que le sol fournit en abondance et de qualité supérieure. C'est ainsi qu'ont été créés les systèmes de poutres armées en charpente, bien connus en Europe, de Town, Howe, Long, Mac Collun, etc., et décrits à l'article *Ponts* du Dictionnaire.

Entre les mains des ingénieurs américains le bois s'est plié à toutes les exigences; il a permis d'établir des ouvrages d'une grandeur et d'une hardiesse étonnantes: tels le viaduc de Haut-Portage, qui a 80 mètres de haut et 267 mètres de long; le pont de Cascade-Gleen, qui a une ouverture de 84 mètres; les grands ouvrages du chemin de fer du Pacifique, etc. Malgré les défauts du bois, malgré le danger des incendies et la décadence rapide des matériaux, quoique, sauf de rares exemples, les meilleurs ponts ne durent pas vingt ans, la plupart même dix ans, l'économie réalisée sur le capital de premier établissement est considérable, puisque pour des portées de 30 à 50 mètres et pour une seule voie, les ponts reviennent, aux États-Unis, à la faible somme de 360 à 600 fr. le mètre linéaire; le fer n'est donc pas encore généralement préféré au bois de l'autre côté de l'Atlantique.

En Europe, les ponts de fer en treillis se comptaient aujourd'hui par milliers; ils dérivent tous d'un type commun, la poutre en zigzags.

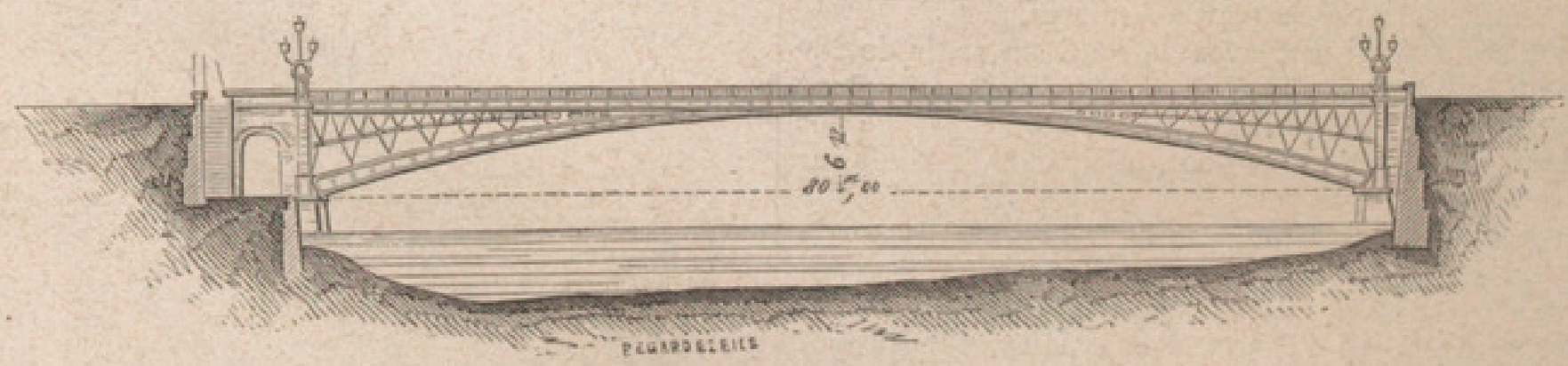


Fig. 90.

On peut se rendre compte très-simplement de la manière dont ce système fonctionne, en se reportant à la théorie élémentaire des systèmes articulés.

On sait que l'on appelle systèmes articulés simples les systèmes dans lesquels aucun des éléments ne présente plus de deux articulations : telles sont les diverses variétés du polygone funiculaire d'où dérivent déjà

un si grand nombre des formes employées dans les constructions.

On appelle systèmes articulés complexes les systèmes dans lesquels les barres peuvent présenter plus de deux articulations; nous en avons un premier exemple dans les poutres droites à croisillons ou à treillis; on peut se rendre très-aisément compte des conditions d'équilibre de ces poutres.

Considérons d'abord la poutre chargée d'un poids unique en son milieu; la manière la plus simple de la construire consisterait à la former de trois triangles juxtaposés isocèles et égaux entre eux. Le poids 2P serait suspendu au point 0 (fig. 91).

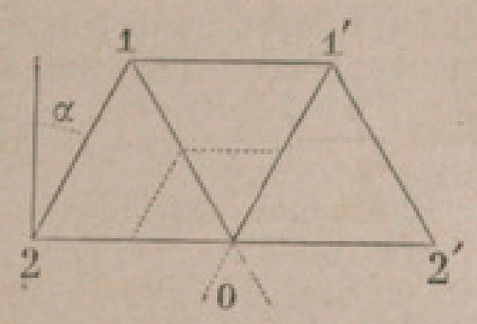


Fig. 91.

Isolons le triangle 011' et considérons-le comme fixé à deux points d'appui inébranlables 1 1'.

Les deux points d'appui seront sollicités par des forces tirantes égales à $\frac{P}{\cos \alpha}$. Pour réaliser ces points fixes on peut établir en 1 1' une barre rigide horizontale, et en 1 2 et 1' 2' deux barres rigides obliques dont les pieds 2 2' seraient maintenus par un tendeur qui les empêcherait de s'écarter.

Les forces nécessaires pour faire équilibre aux tensions 0 1, 0 1' seront obtenues par le parallélogramme des forces; elles tendront à comprimer les barres 1 1', 1 2, 1' 2' et celles-ci devront rencontrer des points d'appui invariables en 2 et 2'. Le côté 1 1' subira une compression égale à 2P tg. α; sur les côtés 1 2 et 1' 2' on aura une compression égale à $\frac{P}{\cos \alpha}$. On arriverait ainsi à franchir un espace 2 2' double de 1 1'.

Pour trouver un appui en 2 et 2' et porter l'espace à franchir à la longueur 3 3' (fig. 92), on peut attacher les

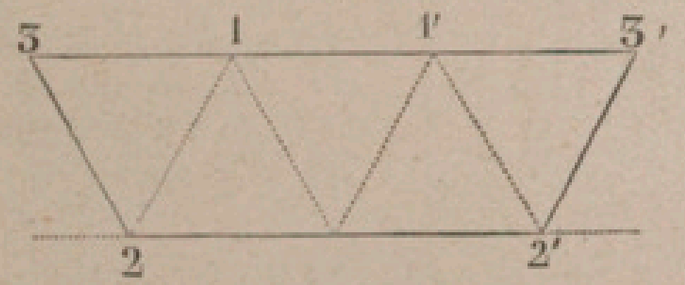


Fig. 92.

points 2 2' à deux tendeurs obliques 2 3, 2' 3' et empêcher le rapprochement des points 3 3' au moyen d'une barre horizontale rigide.

Les efforts de compression dirigés suivant 1 2, 1' 2' seront équilibrés, d'après le parallélogramme des forces par des efforts de tension dirigés les uns horizontalement suivant 2 2' et égaux à 2P tg. α, les autres obliquement suivant 2 3 et 2' 3' et égaux à $\frac{P}{\cos \alpha}$.

On procéderait, de proche en proche, de la même façon jusqu'à l'ouverture totale 8 8', par exemple, et on obtiendrait la figure suivante (fig. 93) :

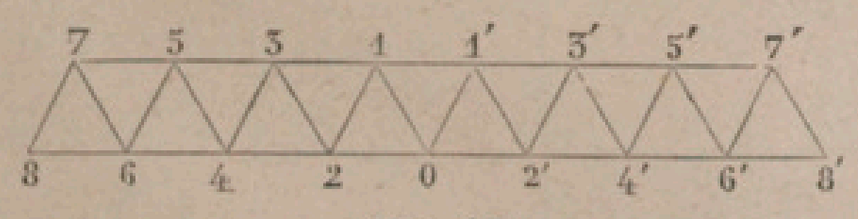


Fig. 93.

Les dernières barres obliques subissant un effort de compression $\frac{P}{\cos \alpha}$, pour maintenir fixes les deux points 8, 8', il faudra établir entre eux un tendeur subissant un effort P tg. α, et leur appliquer une force verticale P qui représentera la réaction des appuis.

En résumé, toutes les barres obliques, inclinées de manière à rencontrer l'axe vertical de la pièce en dessous, seront soumises à un effort de traction constant égal à $\frac{P}{\cos \alpha}$.

Toutes les barres obliques inclinées, de manière à rencontrer l'axe vertical de la pièce en dessus, seront soumises à un effort de compression constant encore égal à $\frac{P}{\cos \alpha}$.

Toutes les barres horizontales supérieures seront soumises à un effort de compression égal à 2P tg. α; si ces barres sont réunies en une seule, les diverses parties de celle-ci, à partir des points d'appui, subiront les efforts indiqués ci-dessous :

Premiers éléments. . .	75,	7'5'	2P tg α.
Deuxièmes éléments. .	53,	5'3'	4P tg α.
Troisièmes éléments. .	31,	3'1'	6P tg α.
Quatrièmes éléments .		11'	8P tg α.

Toutes les barres horizontales inférieures seront soumises à un effort de traction égal à P tg α pour la première à partir du point d'appui, et à 2P tg α pour toutes les autres; si ces barres sont réunies en une seule, les divers éléments de celle-ci subiront les efforts indiqués ci-après :

Premiers éléments. . .	86,	8'6'	P tg α.
Deuxièmes éléments. .	64,	6'4'	3P tg α.
Troisièmes éléments .	42,	4'2'	5P tg α.
Quatrièmes éléments .		2.2'	7P tg α.

Les efforts de compression successifs dans la longrine supérieure sont entre eux comme les nombres 2, 4, 6, 8; ils croissent suivant une progression arithmétique dont la raison est 2; c'est la série des nombres pairs.

Les efforts de traction successifs dans la longrine inférieure sont entre eux comme les nombres 1, 3, 5, 7; ils croissent suivant une progression arithmétique dont le premier terme est 1 et la raison 2; c'est la série des nombres impairs.

Considérons maintenant une poutre composée de *n* triangles égaux chargés d'un poids 2*p* en chacun de leurs sommets inférieurs.

Suivons la même marche que pour le problème précédent et isolons le triangle central 0 1 1', comme s'il n'y avait à franchir que l'espace 1 1'.

Nous aurons, comme ci-dessus, sur les côtés 01, 01' un effort de traction $\frac{2p}{\cos \alpha}$, qui tendrait à rapproche les points 1 1' sans l'intervention de la barre rigide qui les maintient à une distance constante. Pour maintenir ces deux points fixes et franchir l'espace 22', nous emploierons les deux barres obliques 12, 1'2'.

Ces deux barres seront comprimées avec un effort égal à $\frac{p}{\cos \alpha}$; et la barre 11' avec un effort égal à 2*p* tg α. Mais pour que le système se maintienne en équilibre, il faut que les deux points 22' soient fixes; cette fixité s'obtiendra et l'on arrivera à franchir l'espace 33', en unissant les points 22' par une chaîne inextensible et en suspendant l'appareil par deux chaînes également inextensibles aux points 33'.

La décomposition de la force $\frac{p}{\cos \alpha}$ suivant la direction 22' donnera un effort de traction égal à 2*p* tg α; et suivant la direction 23 un effort de traction égal à

SERRURERIE.

$\frac{p}{\cos \alpha}$, puisque les triangles sont isocèles. Mais au point 2 se trouve appliquée une charge $2p$ qui ne peut être soutenue que par les chaînes 22' et 23, et qui donne, suivant ces directions, des efforts de tirage égaux respectivement à $2p$ tg α et $\frac{2p}{\cos \alpha}$; ces efforts viendront s'ajouter aux précédents et donneront en définitive les sommes suivantes :

Sur la chaîne 22' $\quad 4p$ tg α.

Sur la chaîne 23 $\quad \frac{3p}{\cos \alpha}$.

Tout ce qui vient d'être dit pour le côté gauche de la figure pourra se répéter pour le côté droit sans y rien changer.

Il faut maintenant assurer la fixité des points 33'; pour cela on les réunira par une barre rigide, et on supportera celle-ci par deux autres barres rigides et obliques 34, 3'4'. La force $\frac{3p}{\cos \alpha}$, décomposée suivant les directions 33' et 34, donnera sur la seconde une composante égale à $\frac{3p}{\cos \alpha}$ puisque les triangles sont isocèles; sur la première une composante égale à $6p$ tg α : dans l'espace 11' cette composante s'ajoutant à l'effort $2p$ tg α, calculé précédemment, donnera un effort total de compression égal à $8p$ tg α.

Il faut maintenant assurer la fixité des points 44'; on procèdera, comme pour les points 22', avec des chaînes inextensibles, et en tenant compte de la charge $2p$ appliquée en chacun de ces points. Cette charge donnera comme précédemment deux composantes : l'une horizontale et égale à $2p$ tg α; l'autre oblique et égale à $\frac{2p}{\cos \alpha}$. Ces efforts ajoutés aux précédents donneront en 45 un effort total égal à $\frac{5p}{\cos \alpha}$; suivant 44' un effort total égal à $6p$ tg α; suivant 22' un effort total égal à $10p$ tg α.

De même du côté droit de la figure et ainsi de suite.

En résumé, toutes les barres obliques, inclinées de manière à rencontrer l'axe vertical de la pièce en dessous, seront soumises à des efforts de traction croissant du milieu vers les extrémités et formulés par les expressions

$$\frac{p}{\cos \alpha}, \quad \frac{3p}{\cos \alpha}, \quad \frac{5p}{\cos \alpha}, \quad \frac{7p}{\cos \alpha}, \quad \ldots \quad \frac{(2n-1)p}{\cos \alpha},$$

c'est-à-dire croissant comme la série des nombres impairs.

Toutes les barres obliques inclinées de manière à rencontrer l'axe vertical de la pièce en dessus seront soumises à des efforts de compression exprimés par les mêmes formules que les précédentes.

Toutes les barres horizontales supérieures seront soumises à des efforts de compression, et les barres horizontales inférieures à des efforts de tension allant en diminuant du milieu de la barre vers les extrémités, et formulées par les expressions contenues dans les cinquième et septième colonnes du tableau ci-contre, qui résume les calculs d'une poutre en zigzag formée de 10 triangles :

TABLEAU des efforts superposés par les éléments d'une poutre articulée chargée de poids uniformément répartis.

DÉSIGNATION DES BARRES.	BARRES OBLIQUES.		BARRES HORIZONTALES.			
			SUPÉRIEURES.		INFÉRIEURES.	
	tirées.	comprimées.	Efforts isolés.	Efforts cumulés.	Efforts isolés.	Efforts cumulés.
0.1 0.1' 1.1'	$\frac{p}{\cos \alpha}$		$2p$ tg α	$72\ p$ tg α		
1.2 1'.2' 2.2'		$\frac{p}{\cos \alpha}$			$4p$ tg α	$84\ p$ tg α
2.3 2'.3' 3.3'	$\frac{3p}{\cos \alpha}$		$6p$ tg α	$70\ p$ tg α		
3.4 3'.4' 4.4'		$\frac{3p}{\cos \alpha}$			$8p$ tg α	$80\ p$ tg α
4.5 4'.5' 5.5'	$\frac{5p}{\cos \alpha}$		$10p$ tg α	$64\ p$ tg α		
5.6 5'.6' 6.6'		$\frac{5p}{\cos \alpha}$			$12p$ tg α	$72\ p$ tg α
6.7 6'.7' 7.7'	$\frac{7p}{\cos \alpha}$		$14p$ tg α	$54\ p$ tg α		
7.8 7'.8' 8.8'		$\frac{5p}{\cos \alpha}$			$16p$ tg α	$60\ p$ tg α
8.9 8'.9' 9.9'	$\frac{9p}{\cos \alpha}$		$18p$ tg α	$40\ p$ tg α		
9.10 9'.10' 10.10'		$\frac{7p}{\cos \alpha}$			$20p$ tg α	$44\ p$ tg α
10.11 10'.11' 11.11'	$\frac{11p}{\cos \alpha}$		$22p$ tg α	$22\ p$ tg α		
12.12 11'.12' 11.12'		$\frac{11p}{\cos \alpha}$			$24p$ tg α	$24\ p$ tg α

Le mode d'étude élémentaire, que nous venons d'appliquer à deux cas très-simples qui se rencontrent souvent dans la pratique, peut également servir pour toutes les pièces symétriques composées de triangles, quelle que soit leur forme, à la condition que les charges seront symétriquement réparties par rapport à l'axe de la pièce. En procédant dans un ordre différent, c'est-à-dire en partant des appuis, on pourra l'appliquer à la plupart des systèmes articulés triangulaires, à la condition de connaître la réaction des points d'appui.

Supposons maintenant qu'au lieu d'adopter la disposition n° 1, que nous venons d'étudier, on prenne la disposition n° 2, qui n'est autre que celle de la pièce précédente retournée sens dessus dessous. On déterminera par le même mode de calcul les efforts supportés par toutes ses parties : on arrivera à des résultats analogues. Imaginons que l'on juxtapose deux poutres ainsi formées; on aura un ensemble désigné ci-contre par le n° 3, capable de supporter la charge $4p$, et qui n'est autre que le système de la poutre à croisillons si généralement employé : on ne pourra, en effet, qu'améliorer la construction en réunissant en deux les semelles hautes et basses des deux poutres et en les réunissant par de bons assemblages au lieu de simples articulations avec les barres obliques.

En admettant cette disposition n° 3, on augmentera la résistance de toutes les pièces comprimées dans une proportion très-notable; car, grâce à leur liaison avec les pièces incidentes par des assemblages, leur longueur libre se trouvera diminuée de moitié; elles seront par conséquent beaucoup moins exposées à fléchir.

Au lieu de juxtaposer ainsi deux poutres seulement, on pourra en réunir quatre, six ou même davantage. On pourra donner aux barres diverses inclinaisons. Enfin, on réalisera les divers systèmes de treillis, à mailles plus ou moins serrées, qui sont aujourd'hui en usage, et dont les principaux types peuvent être résumés ainsi :

Nos 1 et 2 Poutres en zigzag;
N° 3 Poutres en treillis formées de zigzags juxtaposés;
N° 4 Poutres en treillis au nombre de deux;
— au nombre de quatre ou plus;
Nos 5 et 6 Poutres composées de compartiments rectangulaires, traversés chacun par une seule diagonale;
N° 7 Poutres formées des deux systèmes précédents juxtaposés.

SERRURERIE.

quables applications, si multipliés aujourd'hui, de ces belles constructions :

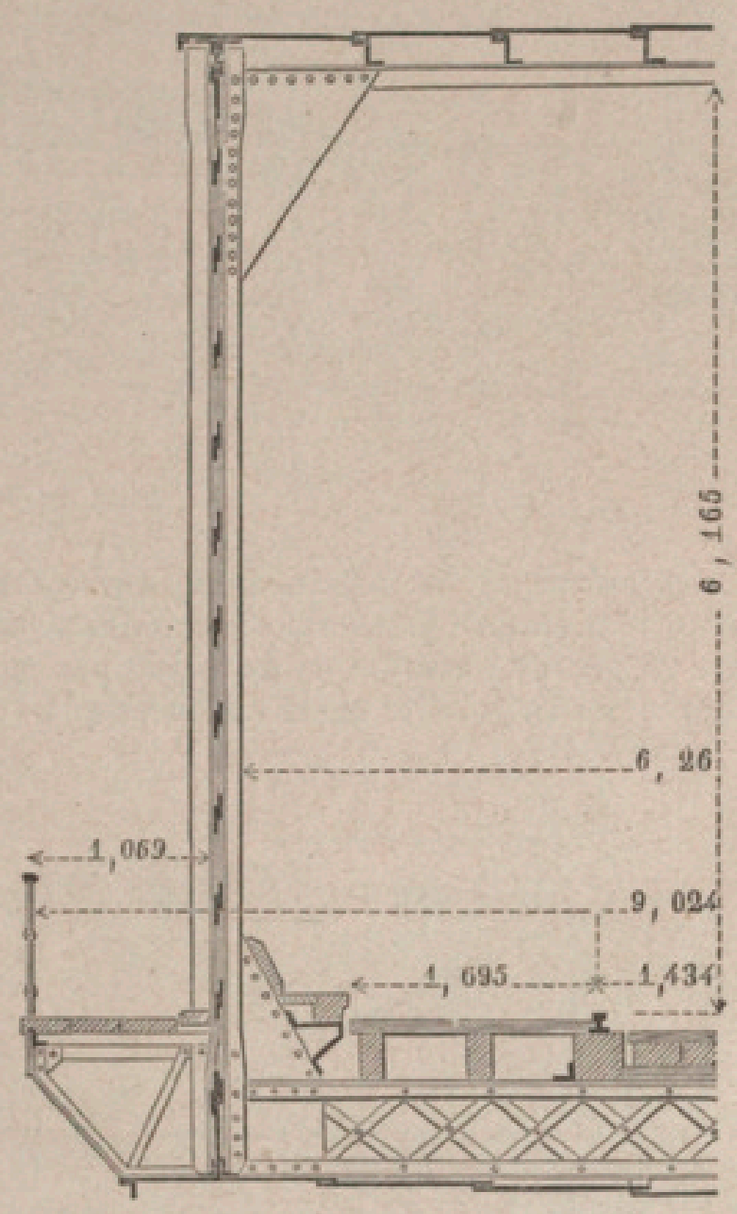


Fig. 94.

1° Le pont de Nogat, près Manenburg (fig. 94 et 95);
2° Le pont de Chepstow (fig. 96) et le pont de Saltash (fig. 97), dus tous deux à Brunel;
3° Le pont de Vindsor (fig. 98).

Poutres à bielles en dessous.—C'est la disposition la plus fréquemment employée pour la construction des arbalétriers des grandes fermes métalliques. Elle offre dans beaucoup de circonstances l'inconvénient d'occuper au-dessous de la poutre un espace plus ou moins considérable et qui peut être mieux utilisé. Ce désavantage peut être atténué en multipliant les bielles.

Ce principe est souvent appliqué en Amérique pour faire des ponts d'une portée moyenne de 35 à 62 mètres. Dans le système Wendell-Bollman, la charge de chaque bielle est reportée directement sur les extrémités.

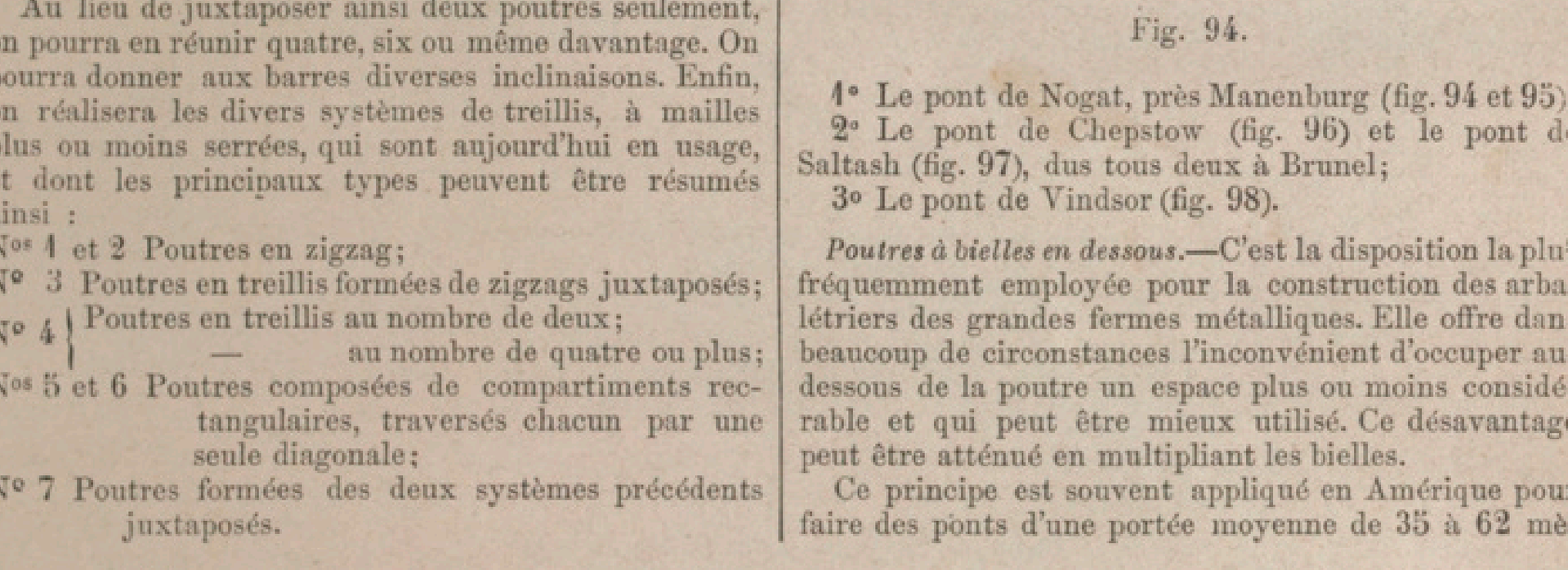


Fig. 95.
Pont de Nogat (près Manenburg).

N° 8 Ponts américains du système Whipple : ils dérivent de la disposition n° 6.
Nous donnerons quelques exemples des plus remar-

Le système Albert Finck est le plus répandu sur les chemins de fer américains.

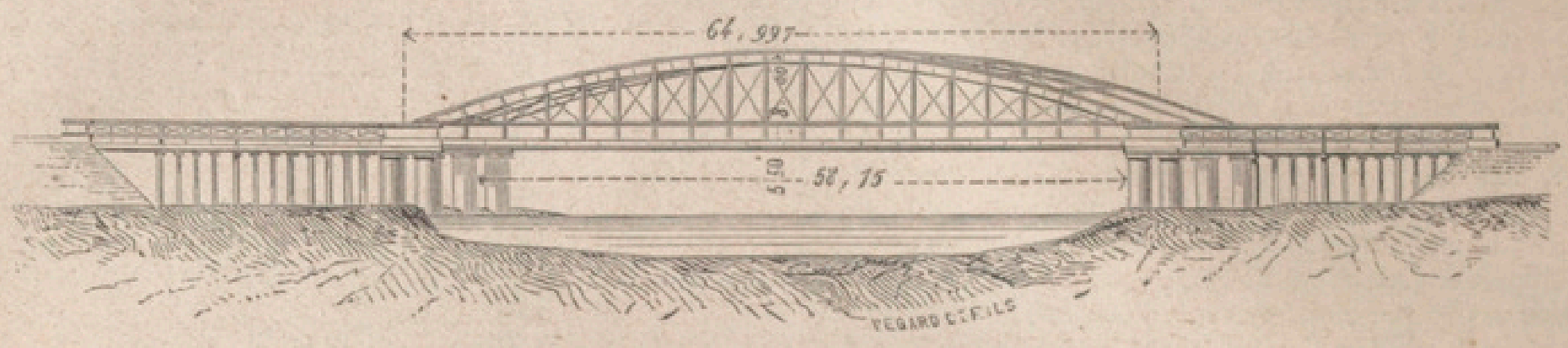


Fig. 96.

Pont de Windsor (Great-Western).

Dans ces ouvrages les pièces comprimées sont en fonte; les autres en fer : cette association des deux métaux dans de pareilles conditions ne paraît pas présenter des garanties de solidité aussi sérieuses que l'usage exclusif du fer.

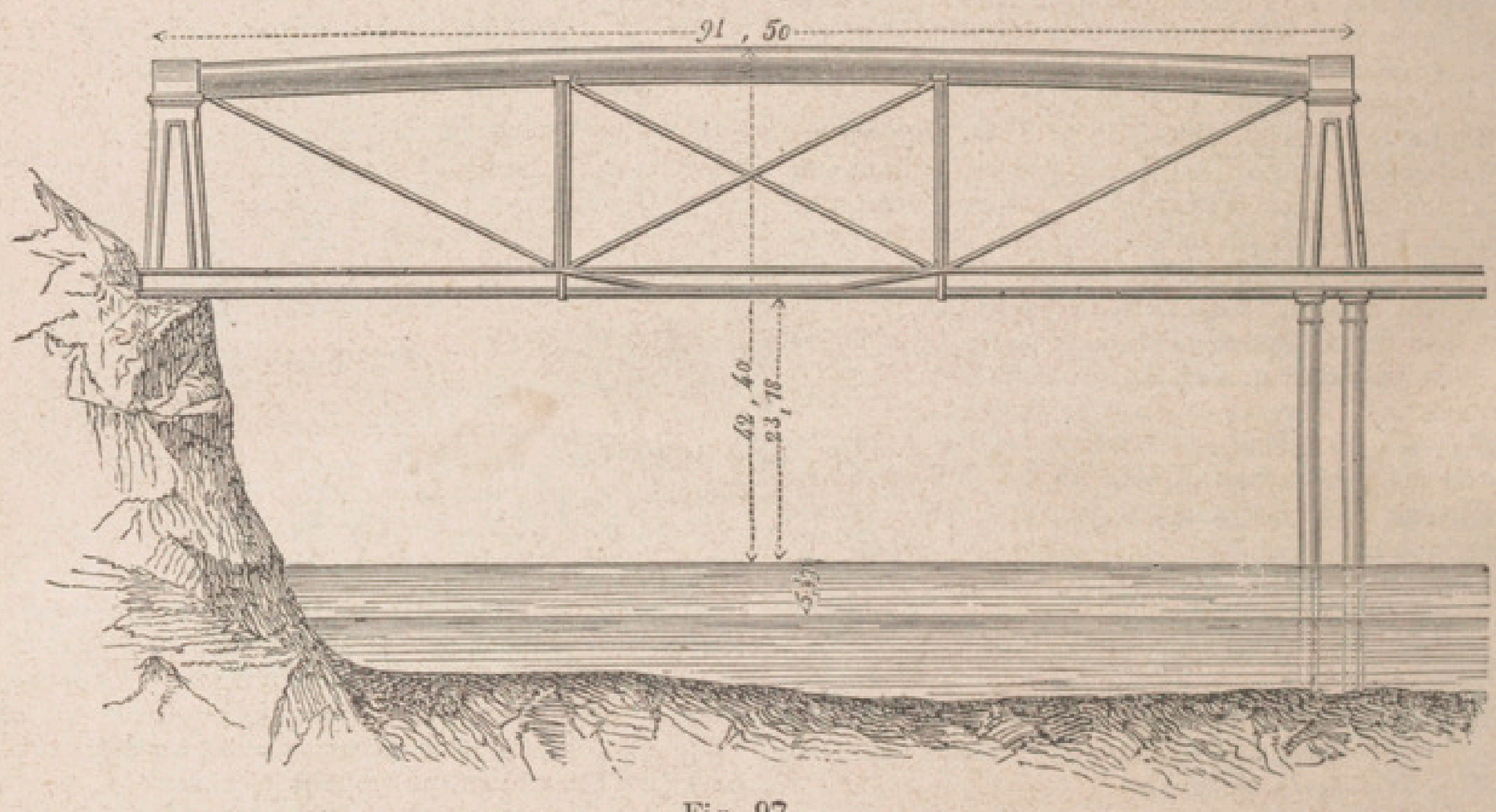


Fig. 97.

Viaduc de Chepstow sur la rivière de Toye.

Les treillis que l'on substitue aux âmes pleines ont été composés tantôt de fers de petites dimensions, formant un réseau à mailles serrées, tantôt de barres de forte section, dessinant de larges quadrilatères ou même de simples triangles. En tout cas, les pièces de l'âme se comportent de deux manières bien distinctes : les unes qui, prolongées, iraient rencontrer l'axe vertical de la travée au-dessus de la poutre, sont exposées à des efforts de compression; les autres, inclinées en sens contraire, résistent à l'extension. Le premier système dérive de l'imitation des poutres américaines en madriers de M. Long. Les barres sont plus nombreuses, mais individuellement plus légères : les efforts sur les plates-bandes sont plus uniformément répartis; mais les assemblages de l'âme avec les plates-bandes et ceux des pièces de contreventement offrent des difficultés d'autant plus graves que la portée est plus grande.

Les barres des premiers ponts en treillis étaient de simples fers méplats : pour donner plus de rigidité aux pièces comprimées et de stabilité à l'ensemble, on adopte souvent maintenant des sections en forme de T, d'U ou d'auge (ponts de l'Eipet, Autriche). Quand les fermes sont très-hautes cet expédient peut paraître insuffisant: on dédouble le treillis; la section transversale de la ferme offre alors la forme d'une caisse rectangulaire très-allongée dans le sens vertical; on augmente la rigidité des barres comprimées en les entretoisant deux à deux par un réseau de plates-bandes (ponts de Drogheda, du Scortf, etc.).

Entre le système à mailles très-serrées (pont d'Offenburg, etc.), et celui des poutres composées d'une série de triangles égaux compris entre deux plates-bandes horizontales (Newark, Crumlin, etc.), qui représentent l'extrême opposé, il y a place pour une infinité de combinaisons intermédiaires; elles semblent aujourd'hui préférées aux systèmes absolus. La facilité avec laquelle les pièces simples qui composent les poutres droites, préparées et ajustées dans les grands centres industriels, peuvent être transportées au loin et ajustées sur place, et la diversité des moyens dont on dispose pour leur levage sont comptés au nombre des propriétés les plus avantageuses de ce système, surtout pour les ouvrages à exécuter dans les pays lointains et dépourvus de ressources.

Les petites poutres de 15 à 20 de portée sont posées toutes faites sur deux wagons, amenées sur les rails entre leurs culées et descendues avec des chèvres sur leurs appuis.

On peut construire une poutre droite sur son emplacement définitif, au moyen d'échafaudages provisoires, établis dans le lit des rivières; les fermes sont montées à volonté verticalement ou à plat, et levées en décrivant un quart de révolution. On peut faire le montage à terre, par travée, sur un chantier parallèle au cours de la rivière, placer la poutre terminée sur des pontons, la

faire flotter jusqu'à pied d'œuvre, et la lever jusqu'à la hauteur voulue au moyen de presses hydrauliques ou de tout autre engin. Les grandes travées métalliques d'environ 140 mètres d'ouverture de Menai et de Saltash ont été mises en place par ce procédé. A Kowno, sur le Niémen (Russie), les pontons portaient des échafaudages un peu plus hauts que le niveau définitif du tablier : chaque travée, de 78m,72 de long et pesant 500 tonnes, étant présentée, on la descendait sur ses appuis en introduisant de l'eau dans les pontons, qui étaient pourvus de vannes à cet effet.

Mais il existe un procédé plus simple, aujourd'hui très-répandu, qui dispense de tout échafaudage en rivière; il consiste à construire la poutre sur une rive dans le prolongement de l'axe du pont, et à la faire rouler sur des galets d'un point d'appui à l'autre, jusqu'à ce qu'elle atteigne soit la rive opposée, soit une pile située au milieu du fleuve, si le travail a été partagé entre les deux rives. Ce système, appliqué aux grands viaducs à piles métalliques, a permis d'en simplifier extraordinairement la construction, comme on le verra plus loin.

Viaducs à piles métalliques. — La dépense et le temps nécessaires à la construction d'un grand viaduc s'accroissent rapidement avec la hauteur de ses supports. Pour diminuer ces inconvénients, on a substitué aux piles maçonnées des charpentes métalliques : les exemples de ce genre de constructions, dont l'aspect aérien impressionne vivement, ne sont pas encore très-nombreux : on cite les viaducs de Cumlin, en Angleterre (fig. 99); de la Sitter et de Fribourg, en Suisse; en France, on a construit deux grands ouvrages de ce genre, les viaducs de Busseau d'Ahun, sur le chemin de fer de Montluçon à Limoges, et de La Cère, sur la ligne de Figeac à Aurillac. Ils sont dus à M. W. Nordling, qui a publié, à ce sujet, dans le deuxième volume de l'année 1864 des Annales des ponts et chaussées, une notice très-importante.

Le viaduc de Busseau d'Ahun est à deux voies; il a 336 mètres de long et s'élève à 57 mètres au-dessus de l'étiage de la Creuse; le tablier se compose d'une poutre droite de 286 mètres de long, formée de quatres fermes en treillis; il est soutenu par cinq piles en charpente métallique avec soubassement en maçonnerie. Ce viaduc se distingue des précédents par les particularités

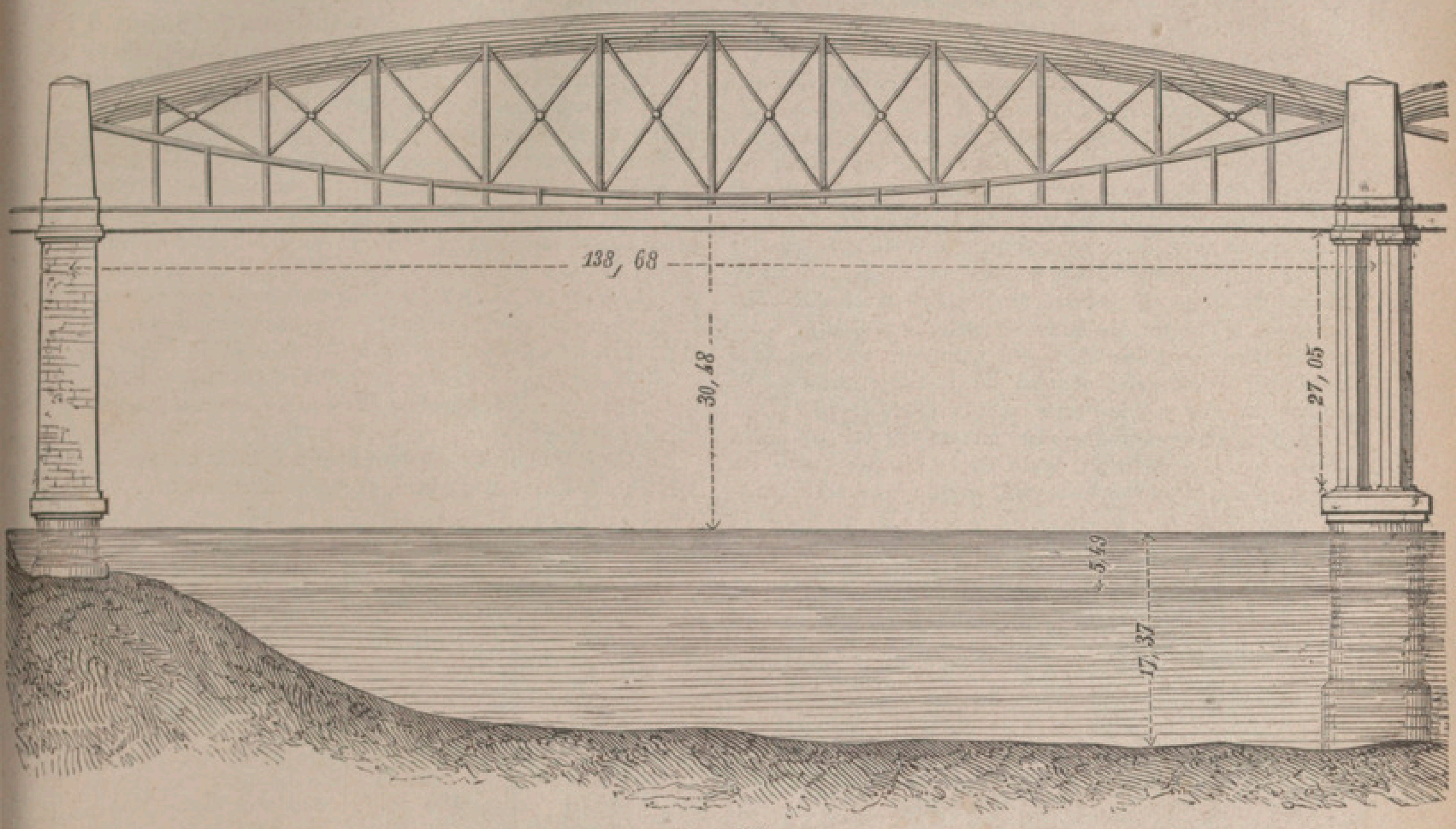


Fig. 98.

Pont de Saltash (South-Devon railway, sur un bras de mer, à 7 milles de Plymouth).

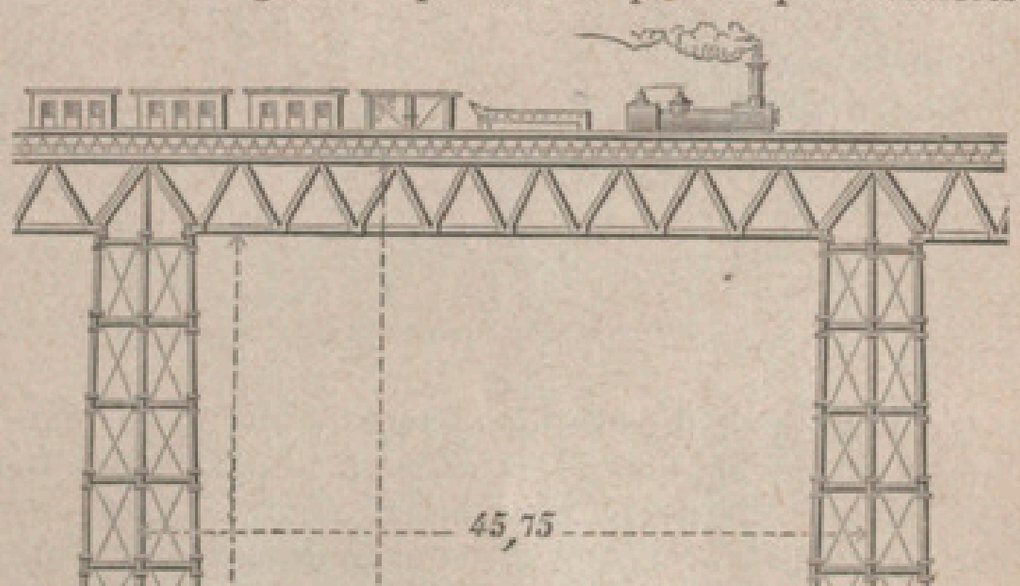


Fig. 99.

suivantes : 1° le nombre des palées de chaque pile est réduit à deux; elles n'ont ainsi, à la partie supérieure, que 6 mètres de longueur et 2 mètres de largeur, d'axe

SERRURERIE.

en axe des colonnes. 2° Les axes des huit colonnes composant les deux palées concourent en un même point dans l'espace et forment les arêtes d'une pyramide; il en résulte un aspect très-clair et très-satisfaisant. Sous aucun point de vue les lignes ne se coupent entre elles et ne forment de ces réseaux embrouillés où l'œil a peine à se reconnaître, et dont l'apparence confuse est souvent reprochée aux constructions métalliques. 3° On admet difficilement, au premier abord, que cet assemblage aérien de légères pièces de fer offre une prise dangereuse à l'action du vent : il résulte cependant des calculs auxquels s'est livré M. Nordling qu'il en est tout autrement; pour obtenir une stabilité suffisante, il a fallu amarrer la superstructure métallique dans les massifs de maçonnerie des soubassements au moyen de barres de fer ayant jusqu'à 0m,09 de diamètre. 4° Pour atténuer le danger des déraillements, le platelage a été rendu impénétrable; il a été composé de longrines de 0m,15 d'épaisseur, armées de fortes cornières, et l'approche des garde-corps a été défendue par deux longrines saillantes formant chasse-roues. 5° Afin d'assurer la répartition égale de la charge entre les deux palées d'une même pile, quelle que soit l'inégalité du chargement du tablier, et afin d'éviter ainsi la déformation des piles au moment du passage des trains, le tablier ne repose que sur des appuis à charnière placés au milieu de la distance qui sépare les deux palées.

Le viaduc de la Cère n'a qu'une voie : il est élevé à 55m,30 (fig. 99) au-dessus de l'étiage de cette rivière; sa longueur est de 308 mètres; celle du tablier est de 236m,50; ses piles sont espacées de 50 mètres, et il présente les mêmes particularités que le précédent.

Nous devons renvoyer au mémoire de M. W. Nordling pour l'étude d'un grand nombre de questions importantes, que soulève notamment la proportion à observer entre l'écartement et la hauteur des piles et la comparaison des viaducs métalliques avec ceux en maçonnerie. Il est un fait, toutefois, qu'on ne saurait passer sous silence : c'est l'avantage des premiers au point de vue de la rapidité de l'exécution et de l'économie, dès que la hauteur dépasse 30 mètres. Le tableau suivant permettra d'apprécier la différence des deux systèmes sous ce dernier rapport.

Le mètre linéaire de hauteur de pile métallique a coûté 2,705 fr. à Busseau d'Ahun, et 2,040 fr. à la Cère.

DÉSIGNATION DES VIADUCS.	HAUTEUR AU-DESSUS DU SOL.		PRIX MOYEN.		OBSERVATIONS.
	Moyenne.	Maximum.	par mètre carré.	par mètre carré d'élévation.	
Viaducs métalliques.	mètres.	mètres.	francs.	francs.	
La Litter	42.80	62.40	4536	105.98	Pour une voie.
La Cère	32.50	55.30	2782	84.86	Pour une voie.
Fribourg	52.40	76.00	6060	115.65	Les autres viaducs ont deux voies.
Busseau d'Ahun	35.30	56.50	4473	126.10	
Viaducs en maçonnerie.					
Morlaix	46.30	56.75	»	172	
Chaumont	39.30	53.20	»	259	
Combe de Fin	36.00	44.00	4530	126	
Gartempe	35.80	50.95	7323	205	
Port Launay	»	52.50	6162	154	

La compagnie des chemins de fer du Midi a fait exécuter, sur la ligne de Montpellier à Rhodez, plusieurs viaducs en charpente métallique, dont les hauteurs varient de 20 à 70 mètres; ils sont construits avec d'anciens rails Barlow et Brunel, que la substitution du système à double champignon a laissés sans emploi.

Les avantages économiques des viaducs à piles métalliques sont dus en grande partie à la simplicité de leur levage. Cette opération se fait sans le secours d'aucun échafaudage, par un moyen aussi hardi que simple et ingénieux. Le tablier construit sur le coteau, en arrière de la culée, est lancé dans l'espace par les procédés indiqués plus haut et arrêté à l'aplomb de la première pile à construire : toutes les pièces qui composent cette pile sont présentées, non plus à pied d'œuvre, mais au contraire au niveau du tablier, au-dessus de la place qu'elles doivent occuper. De là, elles sont descendues sur le chantier de montage de la pile avec la plus grande facilité et en même temps avec une économie incomparable et une sécurité complète pour les ouvriers. Ainsi, l'une des grandes piles de Busseau a été montée en cinq jours.

Quand la première pile est terminée, on pousse le tablier en avant de toute la distance qui sépare cette pile de la seconde; on procède de la même manière pour la construction de celle-ci, et ainsi de suite. Ce système de construction des grands viaducs à piles métalliques est une des principales innovations introduites dans ces derniers temps. Il présente toutefois un danger, résultant de l'action exercée sur la tête des piles pendant le lançage du tablier, qui tend à les renverser avec un bras de levier égal à toute la hauteur de la pile. Au pont de Fribourg, on a fait équilibre à cette action au moyen de chaînes de tension reliant les piles invariablement à la hauteur de leur tête. M. Moreaux a employé pour le même objet, aux viaducs de la Cère et de Busseau d'Ahun, un procédé très-ingénieux, qui consistait à placer ses treuils de lançage dans l'intérieur du tablier et à prendre les points d'attache des garants sur les piles construites; il était facile de régler la tension de ces cordes de manière qu'elle fît constamment équilibre à la force d'entraînement exercée sur la pile.

Phares. — Nous terminerons cette étude sur les constructions en fer par la description de phares, qui sont des exemples remarquables de ce genre de construction.

Le premier (fig. 100) (phare de Walder) a été établi sur un fond de sable qui ne permettait guère d'établir

un édifice d'un poids considérable. Il est fondé sur des pieux à vis qui pénètrent à une grande profondeur dans le sol et qui occupent les sommets d'un hexagone, et qui sont solidement reliés à leur sommet entre eux et avec un pieu central. On voit sur la figure le détail des assemblages qui servent à relier tous les éléments du système et à lui donner une rigidité suffisante.

SERRURERIE.

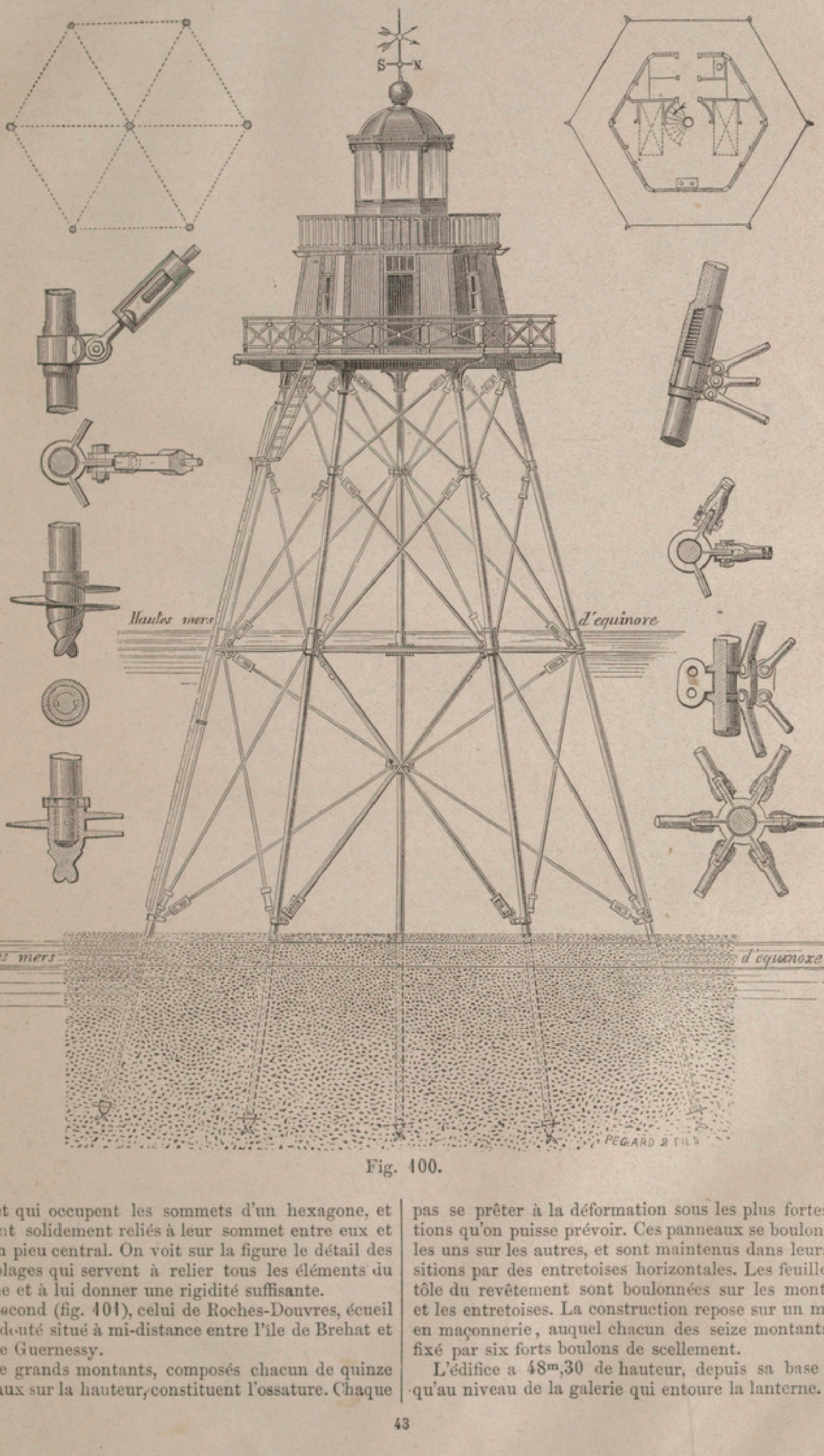


Fig. 100.

Le second (fig. 101), celui de Roches-Douvres, écueil très-redouté situé à mi-distance entre l'île de Brehat et celle de Guernessy.

Seize grands montants, composés chacun de quinze panneaux sur la hauteur, constituent l'ossature. Chaque panneau est formé de fers à simple T, assemblés et rivés de manière à être parfaitement solidaires et à ne pas se prêter à la déformation sous les plus fortes actions qu'on puisse prévoir. Ces panneaux se boulonnent les uns sur les autres, et sont maintenus dans leurs positions par des entretoises horizontales. Les feuilles de tôle du revêtement sont boulonnées sur les montants et les entretoises. La construction repose sur un massif en maçonnerie, auquel chacun des seize montants est fixé par six forts boulons de scellement.

L'édifice a $48^{m},30$ de hauteur, depuis sa base jusqu'au niveau de la galerie qui entoure la lanterne.

Un phare de même genre, exécuté également à Paris, a été installé sur un des ilots de la Nouvelle-Calédonie.

E. BAUDE.

SERRURERIE.

tasse caustique, et même souvent de carbonate de potasse, on obtient un silicate basique qui est décomposé par des acides avec précipitation de silice gélatineuse.

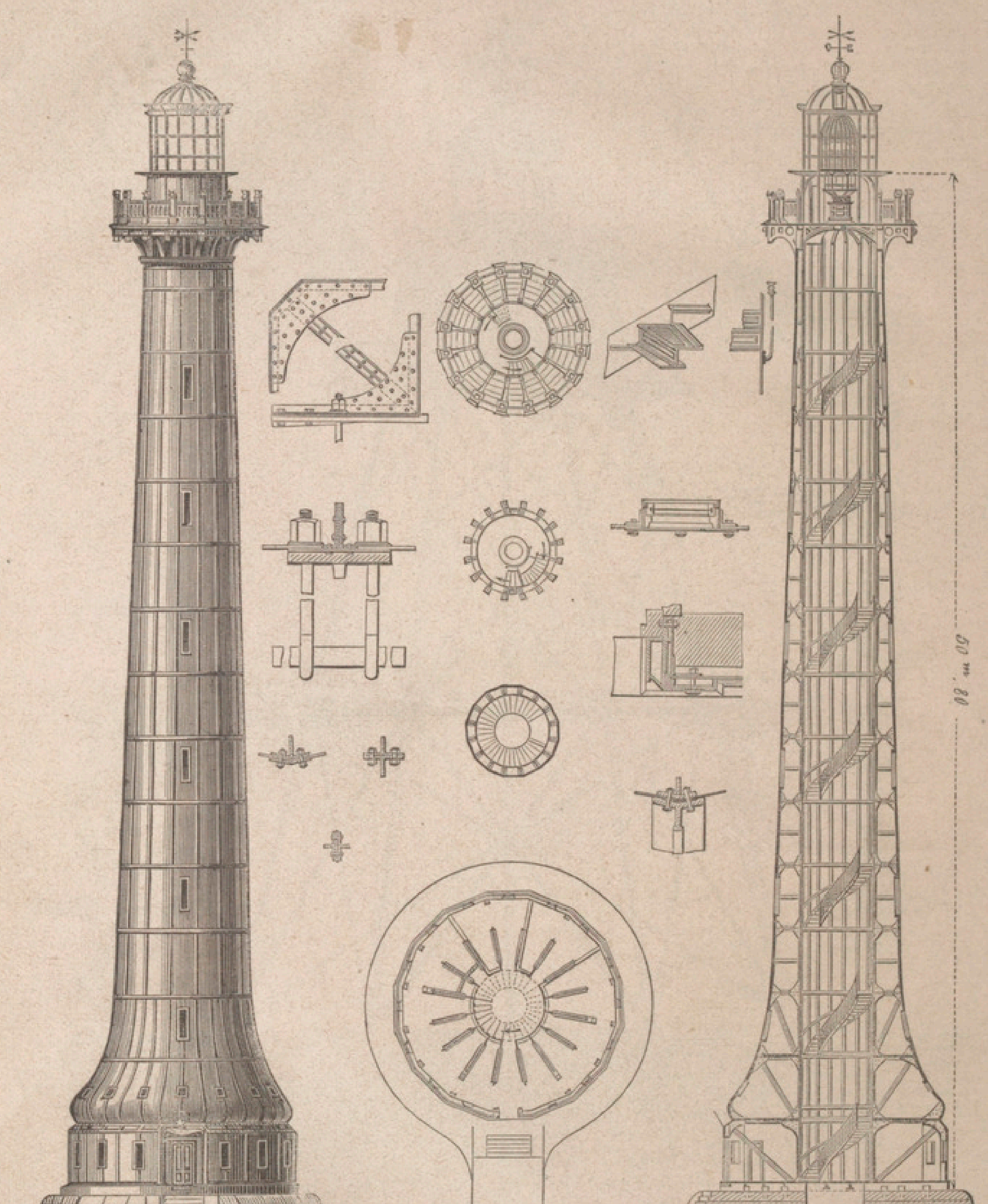


Fig. 401.

SIFFLET D'ALARME. Voyez CHAUDIÈRE A VAPEUR et MACHINE A VAPEUR.

SILICATES. Les silicates sont les combinaisons que le silice forme avec les bases, sous l'influence de hautes températures; on en trouve un grand nombre parmi les minéraux constitutifs de l'écorce terrestre. Ils sont tantôt attaquables, tantôt inattaquables par les acides, excepté par l'acide hydrofluorique, qui les décompose toujours. Dans tous les cas, en les fondant avec le double ou le triple de leur poids de potasse caustique, et même souvent de carbonate de potasse, on obtient un silicate basique qui est décomposé par des acides avec précipitation de silice gélatineuse.

Les silicates sont fusibles ou infusibles; on peut poser, comme règle générale, que les silicates multiples sont plus fusibles que les silicates simples. L'étude de la fusibilité des silicates est une question fort importante dans la fabrication des poteries, des verres et dans la métallurgie, où elle permet de séparer les matières terreuses ou gangues qui accompagnent les métaux dans leurs minerais, en liquéfiant ces gangues par l'addition de fondants convenables.

Voyez DOCIMASIE, FER, POTERIE, VERRE, etc.

SILICE (*angl.* silica, *all.* kieselerde). La silice ou acide silicique est composée de ;

Silicium. . . .	0,4804	Si O^3.
Oxygène. . . .	0,5196	

Elle est très-abondamment répartie dans la nature, soit à l'état de pureté presque parfaite, et elle constitue alors l'espèce QUARTZ, soit à l'état de combinaison avec les bases, ou de silicates qui, avec les calcaires, forment toutes les grandes masses de l'écorce terrestre. Seule la silice est absolument infusible dans nos fourneaux. La silice à l'état de quartz, ou après calcination ou même après une forte dessiccation, est tout à fait insoluble dans l'eau et les acides, l'acide hydrofluorique excepté; mais à l'état de gelée, et surtout à l'état naissant, elle s'y dissout souvent en grande quantité.

En quelque état qu'elle se trouve, la silice se combine aisément, par voie sèche, avec les bases; cette propriété permet de se procurer facilement de la silice pure et gélatineuse: il suffit de prendre du sable de rivière lavé par les acides, de le fondre avec la moitié de son poids de carbonate de potasse ou de soude, de reprendre le résidu par un acide ajouté en quantité suffisante pour saturer l'alcali, d'évaporer à siccité pour rendre la silice insoluble, puis de reprendre par un acide faible pour enlever l'alumine, etc.; on jette ensuite sur un filtre et on lave avec soin. La silice ainsi obtenue est soluble dans la potasse caustique, même après avoir été calcinée.

SILICIUM. Le silicium s'obtient en réduisant, à une faible chaleur, la silice par le potassium ou le sodium; il n'a aucun emploi dans les arts.

SILO. Dans certains pays, on conserve le blé dans des excavations souterraines, auxquelles on a donné le nom de *silos*. Quelquefois ces excavations sont murailléés et rejointoyées avec soin, mais le plus souvent on se contente de les pratiquer dans un sol argileux, compacte, homogène et imperméable à l'eau, et on en dessèche l'intérieur avec un feu de paille. On remplit ensuite le silo de grain que l'on y tasse, en ayant soin d'interposer partout une couche de paille entre les parois et le grain ; puis, quand on est arrivé à $0^m,70$ environ en contre-bas du niveau du sol, on recouvre le grain d'un lit de paille et l'on tasse de la terre par-dessus, de manière à former un monticule, pour que les eaux pluviales ne puissent y séjourner et s'infiltrer dans l'intérieur du silo. C'est par ce procédé que l'on conserve pendant plusieurs années, dans les pays chauds, et surtout en Hongrie, en Espagne, en Algérie, etc. des quantités considérables de froment.

SIROP. Les sirops sont des liquides amenés, par l'addition d'une certaine quantité de sucre, à une consistance particulière, que l'on désigne sous le nom de consistance sirupeuse.

Certains sirops se préparent en dissolvant à froid 2 parties de sucre blanc dans 1 p. d'eau distillée aromatique, laissant reposer, et filtrant en décantant. Les autres sirops se préparent ordinairement avec des sucres de qualité inférieure, par coction et clarification. On commence par battre quelques œufs avec de l'eau, on y mêle la cassonnade ou le sucre, puis on y ajoute le reste de l'eau, et on chauffe lentement et graduellement jusqu'à l'ébullition ; l'albumine se coagule et entraîne les matières étrangères, en venant former à la surface une écume que l'on enlève avec une écumoire. Souvent au lieu de mettre d'abord les blancs d'œufs, on les dissout à part dans un peu d'eau, et on ne les ajoute que lorsque le sirop entre en ébulition. On laisse ensuite déposer le sirop, et on le décante ou on le passe à travers une chausse en laine. Les sirops de fruit se préparent comme ci-dessus, en remplaçant l'eau par le suc extrait du fruit par pression.

SODA-WATER. Voyez EAUX GAZEUSES.

SODIUM. Le sodium est le radical de la soude. Ce métal a été découvert en 1807 par Davy; il a les plus grandes analogies avec le POTASSIUM, et se prépare par un procédé absolument semblable. (Voy. ALUMINIUM. *Complément.*)

Le sodium se distingue du potassium par une moindre volatilité et une moindre fusibilité; mais il est un peu plus malléable et se laisse facilement aplatir en feuilles minces, tant qu'il n'approche pas de son point de fusion. Il fond à 90°. Sa densité, à + 15°, est de 0,97. Exposé au contact de l'air, il s'oxyde peu à peu et se recouvre d'une couche de soude; projeté sur l'eau, il y éprouve un mouvement giratoire excessivement rapide, la décompose, s'empare de son oxygène et met en liberté l'hydrogène qui se dégage. Il ne se produit pas de flamme, dans cette circonstance, comme avec le potassium, à moins qu'on ne ralentisse la rapidité du mouvement giratoire par des moyens mécaniques, en rendant, par exemple, l'eau visqueuse par l'addition d'un mucilage de gomme, etc.

Le sodium s'allie en deux proportions avec l'oxygène, pour former la SOUDE (protoxyde de sodium) et le peroxyde ou sesqui-oxyde de sodium.

SOIE (*angl.* silk, *all.* seide). De toutes les matières filamenteuses, la soie est la plus curieuse à étudier et la plus précieuse : la forme sous laquelle elle est produite, son éclat, sa résistance, son élasticité jointe à sa ténuité et à ses propriétés chimiques lui donnent une grande valeur. On peut dire que la soie est aux matières textiles ce que l'or est aux métaux.

Tout le monde sait que, dans le travail de la chenille du mûrier, cette matière cornée et coagulable, qui a la propriété de se durcir au contact de l'air, sort des deux filières de l'insecte en deux brins séparés qui, en se soudant, forment par leur agglomération le fil de soie. L'existence de ces deux brins peut être constatée très-facilement avec une loupe ordinaire, et au microscope elle devient tout à fait sensible. La figure 2279 indique assez exactement la forme de ces fibrilles extrêmement ténues, qu'on peut comparer à deux cannelures accolées et transparentes. Elles ne sont pas cylindriques, mais très-sensiblement aplaties, comme on peut s'en convaincre en les faisant mouvoir dans plusieurs sens opposés pendant qu'on les examine au microscope.

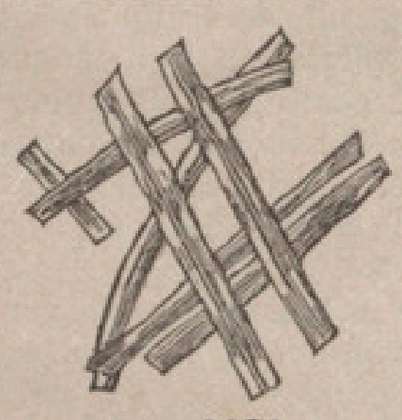


Fig. 2279.

La surface des brins, vue avec cet instrument, présente souvent des inégalités qui ne semblent exister que sur la couche extérieure de la substance qui enveloppe le tube, ou partie extérieure de la matière élaborée par l'insecte, dont nous rechercherons bientôt les causes.

Quoique la soie ait naturellement la forme du fil, elle ne peut être utilisée qu'après un travail et des préparations toutes particulières qui constituent une véritable industrie, *celle du tirage de la soie des cocons*. Comme le progrès de cette spécialité dépend de la parfaite connaissance des conditions dans lesquelles la soie est produite, il est nécessaire d'indiquer au moins succinctement les points essentiels qui peuvent avoir de l'influence sur les résultats industriels.

De la production de la soie. — La graine du papillon femelle, après avoir été fécondée par le mâle, est conservée d'une année à l'autre. Lorsque la saison des bourgeons est venue, on fait alors éclore cette graine en l'exposant à une chaleur artificielle, de façon à faire concorder l'époque de l'éclosion avec celle de l'apparition des premières feuilles des mûriers qui sont la nourriture exclusive des vers à soie. Le petit ver ou petite chenille, convenablement soigné et nourri, se développe

rapidement. Il atteint dans une vingtaine de jours la taille et la forme indiquées fig. 2280, il a alors surmonté

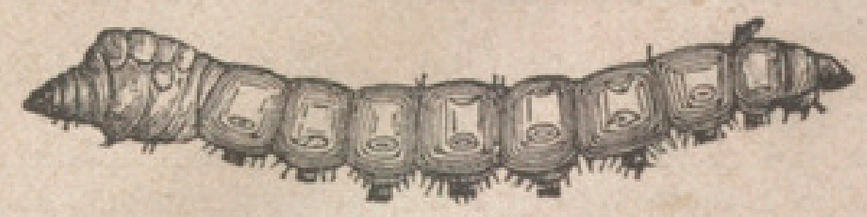


Fig 2280.

bien des périls et des vicissitudes qui seront décrites lorsque nous traiterons de l'éducation des vers à soie.

Quoique les feuilles des mûriers forment la nourriture exclusive des vers à soie, on a cependant démontré par des expériences positives qu'on peut élever des vers avec d'autres végétaux, et entre autres avec une espèce de salade, et en obtenir de la soie de bonne qualité. Nous ne savons pourquoi des expériences semblables, si intéressantes pour la science et pour l'industrie, n'ont pas été plus souvent renouvelées.

La description anatomique des vers à soie a été faite par presque tous les naturalistes. Ils ont tous constaté à l'intérieur de l'insecte l'existence de deux vaisseaux qui descendent de la tête et viennent se coucher sur l'estomac, où, après quelques sinuosités, ils vont se ranger du côté du dos. Ces petits vaisseaux, ordinairement jaunâtres, quelquefois blancs, et la plupart du temps blancs aux extrémités et jaunâtres au milieu, sont les réservoirs de la soie. Chacun d'eux aboutit à une filière ou petit trou formé par un corps charnu. Deux filières semblables vont se réunir à la lèvre inférieure pour pousser la nourriture de l'insecte dans la bouche.

La matière soyeuse arrive des vaisseaux de soie aux filières en deux petites veines parallèles extrêmement déliées. Les vaisseaux de soie se plient et se replient sur eux-mêmes, par un très-grand nombre de révolutions dans le corps de l'insecte, jusqu'à leur dernière extrémité qui est complétement fermée. On n'a pu encore découvrir les communications de ces vaisseaux avec les parties qui doivent les alimenter.

Lorsque la matière de la soie sort des filières du ver, elle a de l'analogie avec une gomme molle. Le contact de l'air la sèche bientôt à un certain degré qui suffit pour que les deux brins se collent, sans cependant acquérir assez de dureté pour s'opposer au dévidage ultérieur du fil, formé par leur réunion. Il est remarquable encore que cette matière n'est plus susceptible d'être sensiblement ramollie par l'eau ou un certain degré de chaleur. Ces trois qualités sont celles qui constituent la plupart des excellents vernis : c'est ce qui a fait assimiler la soie de la chenille à un véritable vernis filé.

Voyons maintenant comment la chenille file ce vernis. Une fois arrivé à un volume plus ou moins considérable, dont la fig. 2280 donne une moyenne, l'insecte est tourmenté, il sent le besoin de se débarrasser de la quantité de soie formée. On lui présente alors quelques points d'appui par de petites branches de bruyères, de bouleaux ou autres. Il commence à y attacher l'extrémité du fil qu'il fait sortir de ses filières; il en produit un premier canevas formé par des mailles assez irrégulièrement entre-croisées. Ce grossier échafaudage ne sert que comme abri à l'insecte et ne fait pas encore partie de son enveloppe de soie proprement dite qu'on nomme *cocon*. C'est dans ce premier canevas, qui constitue ce que les magnaniers et les filateurs nomment la *bourrette*, que le ver établit le cocon. On peut considérer celui-ci comme une espèce de cosse de forme ovoïde, dont les parois se composent de couches de fils de soie superposées et *maçonnées*, comme le sont certains nids d'oiseaux, si ce n'est que les cocons sont fermés de toutes parts. On conçoit que le ver à soie n'a pu obtenir une cuirasse aussi régulière qu'en disposant les couches uniformément autour de lui, concentriquement en commençant par les couches extérieures. Ainsi, après avoir disposé la bourrette, il vient tapisser contre elle sa première couche de soie, ou surface extérieure du cocon qui n'adhère que par points à la bourrette. Celle-ci étant complétement terminée, il en forme une troisième, et ainsi de suite. Les fils n'étant pas encore complétement secs, l'application des uns contre les autres occasionne nécessairement l'aplatissement qu'on remarque dans le fil dévidé.

SOIE.

La disposition du fil sur le cocon offre une suite de courbures régulièrement dirigées comme des nœuds ou des 8. Nous avons cherché à rendre cette disposition dans la fig. 2281. La fig. 2282 donne, sur une échelle plus grande, l'une de ces courbes vues au microscope. L'inspection de cette figure suffit pour faire comprendre qu'en développant cette courbe, on formera un fil continu dont certaines parties, celles qui ont été comprimées par un léger degré de torsion sont par conséquent moins fournies ou plus minces que les parties voisines. On obtiendrait donc un fil inégal si on ne redressait cette irrégularité au dévidage. Ces nœuds ou boucles des fils de la soie peuvent également occasionner le duvet si le fil n'est pas suffisamment étiré. C'est encore à cette disposition du fil qu'on peut attribuer les irrégularités de sa surface. La couche supérieure de gomme se trouvant irrégulièrement comprimée, les points qui subissent la plus forte compression cèdent évidemment plus que les points environnants.

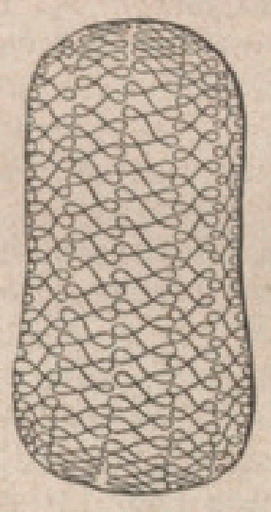


Fig. 2281.



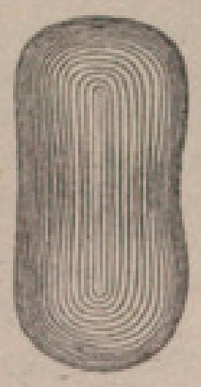
Fig. 2282.

Le ver à soie, comme toutes les chenilles, changeant plusieurs fois de peau pendant sa courte existence, interrompt sa nutrition pendant les mues à cause de l'état maladif qui en est la conséquence.

Or, il est à remarquer que, lorsqu'on développe un cocon et qu'on cherche à le dédoubler, on parvient à détacher quatre couches bien distinctes qui paraissent être formées par la matière que l'insecte s'est assimilée à chacune des mues. Il est important de faire remarquer que la formation du cocon n'a pas lieu d'une manière continue, mais que la chenille s'arrête trois ou quatre fois pendant ce travail, ainsi qu'on peut le vérifier en faisant filer l'insecte dans l'intérieur d'un petit flacon de verre blanc. On conçoit dès lors comment les cocons peuvent être facilement séparés en trois ou quatre couches très-distinctes; car les premières, après chaque temps d'arrêt, venant s'appliquer contre une partie déjà formée et presque sèche, l'adhérence n'est pas aussi grande qu'entre les couches disposées sans interruption les unes sur les autres (1). On peut donc consi-

1. Ce fait, qui nous paraît incontestable, est digne des recherches des naturalistes qui ne manqueront pas d'en découvrir les causes. Ils trouveront peut-être que la masse de la

dérer un cocon comme réellement formé par quatre cocons concentriques légèrement collés entre eux ; et chacun d'eux peut être envisagé lui-même comme étant également le résultat d'un grand nombre de couches concentriques superposées et plus fortement collées. Si on examine une de ces couches développée, on voit comment tous les brins s'enchevêtrent. Si on compare différentes couches ainsi développées, on reconnaîtra facilement que le fil est plus resserré dans les couches intérieures que dans celles de la surface extérieure ; et cela se conçoit, puisque ce dernier périmètre est plus grand que celui de l'intérieur par lequel l'insecte finit son travail. Si on dévide séparément le fil formant chacune des quatre couches, et qu'on en détermine le titre, c'est-à-dire si on compare le poids à la longueur, on trouve qu'à poids égal la longueur augmente de la première à la quatrième couche, si nous désignons par première celle de la surface extérieure du cocon.



2283.

Mais comme le fil d'un cocon est continu de la surface au centre, il en résulte que la grosseur de ce fil n'est pas uniforme, comme on le suppose souvent à tort, mais qu'elle va en diminuant du commencement à la fin du dévidage. On peut évaluer la différence de finesse d'un fil de cocon de 1/3 à 1/4. Il est donc dans le rapport de 3 à 4 fois plus gros à une extrémité qu'à l'autre.

Longueur du fil. La longueur totale d'un fil de cocon est en général proportionnelle à la grosseur du cocon, il est évident que plus la chenille aura fourni de soie, plus la longueur devra être considérable. Cependant, cela n'est pas toujours exact, car il peut arriver que la chenille, qui après le filage se transforme en chrysalide ou nymphe, n'ait pas toujours un volume en rapport avec celui du cocon, et que la tissure du cocon soit plus ou moins serrée. On ferait alors une fausse appréciation si on voulait juger du rendement d'un cocon d'après sa grosseur. Ce rendement peut varier de 12 à 18 p. 100 du poids du cocon pour la même espèce.

Le papillon du ver à soie est de la classe des *papillons nocturnes* ou des *phalènes à antennes pectinées* qui n'ont point de trompe sensible et ne mangent point. La couleur de ces papillons est d'un blanc sale ou jaunâtre. Lorsqu'on laisse percer la coque ou cocon, le fil est naturellement interrompu, et ne présente plus de bouts. Aussi ne laisse-t-on éclore que ceux dont les papillons sont destinés à la reproduction.

La longueur d'un fil de cocon dévidable d'une manière continue a été estimée par plusieurs naturalistes et entre autres par *Malppighi*, à *mille quatre-vingt-onze pieds* et *quelques pouces*. Cette longueur est au-dessous de celle que peut fournir un cocon ordinaire dévidé avec quelque soin. On peut avancer qu'elle est moyennement double ; quoique dans l'état actuel des connaissances industrielles, un tiers à un quart au moins de la soie continue ne puisse être dévidé et ne soit utilisé que comme *bourre* ou *frison*, les premières et les dernières couches du cocon sont dans ce cas; les premières, parce qu'elles ont été moins régulièrement disposées par l'insecte, comme nous l'avons vu ; les dernières, celles qui enveloppent la chrysalide, parce qu'elles n'offrent plus assez de résistance pour être développées par les moyens pratiques usités; les ruptures trop fréquentes s'opposent alors au dévidage complet.

Ces difficultés naturelles, qui n'ont pas permis jusqu'ici d'utiliser complétement la riche dépouille du ver à soie, ne nous paraissent pas insurmontables. Bientôt, sans doute, nous aurons de nouveaux progrès à signaler dans cette intéressante spécialité.

Tous les cocons n'affectent pas la même forme ; on distingue tout d'abord celui du mâle de celui de la femelle par le volume. Le cocon femelle est en général plus fort et plus rebondi par le milieu. Le mâle présente, au contraire, assez ordinairement une courbure rentrante et symétrique, comme l'indique la fig. 2283.

Cette forme est considérée comme la forme normale.

Celle des *cocons pointus* est moins estimée, comme se laissant moins facilement dévider. Cependant il existe des races entières de vers dont les cocons n'affectent pas d'autre forme. Les cocons des Indes anglaises de *Calcutta*, par exemple, ont un volume moindre d'environ 1/3 de celui des cocons ordinaires ; ils sont pointus aux deux extrémités. Cette disposition en pointe paraît être la forme normale de ces cocons ; il est vrai qu'ils se dévident en général avec difficulté, l'on n'en peut retirer que la moitié en fil continu, l'autre moitié ne peut être employée que comme frison ; mais il nous paraît démontré d'après de nombreuses expériences que nous avons répétées avec M. Locatelli, sur des cocons de Calcutta, que la difficulté du dévidage ne provient pas de la forme des cocons, mais plutôt de ce que les couches sont à peine collées entre elles, ou parce que leur formation a lieu dans des climats chauds dont l'atmosphère ne contient pas toujours un degré d'humidité suffisant. Les petits cocons des Indes proviennent de vers habituellement élevés dans les maisons ; ils ne constituent pas la seule race de ces pays, il existe une espèce sauvage, dont les cocons ont la grosseur d'un petit œuf de poule; la soie de ces cocons sert aux lignes à pêcher; souvent on ne laisse pas l'insecte former son fil, on le fait périr avant et on tire la *matière soyeuse* comme une espèce de cire molle pour en obtenir les gros fils destinés à la pêche, et connus sous le nom de *crins de Florence*.

Récolte de la soie. On sait que notre récolte de soie est limitée au produit d'une seule éducation par an. Mais dans tous les climats où il est possible d'obtenir deux pousses de feuilles de mûriers dans une saison, on fait jusqu'à 7 à 8 éducations pendant l'été comme cela se pratique en Chine (1).

On compte en Europe jusqu'à trente variétés de cocons provenant d'autant de races de vers à soie ; mais il en est beaucoup que l'industrie séricicole distingue, en les classant à part, et qui cependant ne présentent pas ordinairement un caractère tranché. Des lieux de provenances différents, des noms d'éleveurs ont suffi pour établir ces distinctions, qui n'offrent plus d'inconvénient lorsqu'on en connaît la valeur. Ainsi on distingue les races *Pesaro*, *Dandolo*, etc. ; les races d'*Aubenas*, de *Loudun* ; la race *milanaise*, etc., etc.

Il n'y a réellement de différence marquée entre les cocons de ces races que celle de la quantité de matière qu'ils renferment. La plus grande distinction à établir dans les caractères des cocons de nos climats est relative à leur couleur, qui est tantôt blanche et le plus ordinairement jaune. Les cocons blancs sont, en général, les plus estimés. La qualité de la soie qu'on en retire est supérieure ; on n'a pas besoin de la décolorer, et sa blancheur naturelle a toujours quelque chose de plus *franc* que celle de la soie jaune décolorée artificiellement.

Les entomologistes n'ont pu préciser encore s'il

soie n'est pas complétement *transformée* dans l'intérieur de l'insecte lorsqu'il commence à filer et que les interruptions sont des conséquences naturelles des quatre quantités distinctes de soie assimilée lors des quatre âges du ver.

(1) Nous devons la plupart de nos renseignements sur l'industrie chinoise à l'obligeance de M. Heed, délegué de la dernière expédition commerciale en Chine.

existe réellement une race blanche qui se perpétue, ou si la soie blanche pouvait être produite accidentellement par la race jaune : ce dernier fait paraît démontré ; mais peut-être n'est-il que le résultat d'un croisement entre les deux races.

M. Robinet, qui s'occupe d'une manière spéciale et avec tant de succès de la production de la soie, a fait des expériences du plus haut intérêt sur un très grand nombre de races différentes, pour établir le rapport entre le poids du ver et celui du cocon qu'il produit. Il a trouvé qu'en moyenne le poids du ver, au moment de la montée, et par conséquent lorsqu'il contient encore toute la quantité de soie à l'intérieur, est de 4gr.,47 ; celui du cocon avec sa chrysalide de 1gr.,87. Il y a donc là une différence de 2gr.,60. Elle provient nécessairement de l'évaporation et autres pertes, puisque, après la formation de la chrysalide, la soie contient une quantité d'eau bien moindre qu'avant le travail du ver, et que l'insecte s'est en quelque sorte vidé.

M. Robinet a trouvé encore que cette différence entre le poids du ver, lors de la montée, et celle du cocon était très variable avec les races et les années. Ce résultat est fort remarquable ; s'il a été obtenu dans des expériences faites sur des produits amenés sous le même poids au même degré de siccité. M. Robinet attribue les différences signalées à l'état dans lequel on présente les feuilles aux vers ; ceux-ci prendraient un développement plus considérable, quand on les nourrit avec des feuilles humides ; et. quoique la réduction soit plus forte lorsque le ver est plus développé, la nourriture humide n'en serait pas moins favorable, parce que l'accroissement de réduction n'est pas en raison directe de l'augmentation du volume ; il en conclut que l'emploi de la feuille humide favorise dans les larves le développement des matériaux qui composent le cocon.

La variation des quantités de soie contenues dans les cocons se présente pour les races comme pour les individus. On admet donc généralement un rendement de 10 à 18 p. 100, c'est-à-dire que 100 kilogrammes de cocons peuvent rendre de 10 à 18 kilogrammes de soie.

Composition du fil de cocon. Le fil obtenu par le dévidage du cocon n'est pas composé de soie pure, mais de matière hétérogène. On peut le considérer comme formé de trois tubes concentriques ; au centre est la substance fibreuse animale qui constitue la soie ; elle est recouverte d'une double couche de gomme végétale, dont la composition chimique n'est pas la même. Les chimistes qui se sont occupés des analyses de la soie ont évalué le poids des corps étrangers qui la recouvrent à 25 ou 30 p. 100 du poids total ; ces corps doivent disparaître complétement avant la teinture de la soie. La première couche de la surface peut être dissoute à l'eau chaude ; la seconde ne peut être enlevée que par l'eau alcaline.

On a fait remarquer avec juste raison l'avantage de la présence sur le fil de soie d'une espèce de matière imperméable à l'eau, qui préserve la chrysalide, dans l'état sauvage, de l'humidité qui lui serait si défavorable. Cette présence de la gomme empêche également le ramollissement du cocon lors du tirage, ce qui facilite considérablement son dévidage. On a donné le nom de soie *grége* ou *écrue* à la soie telle qu'elle est obtenue par le tirage du cocon ; lorsqu'elle est débarrassée des corps étrangers qu'elle contient on la nomme soie *décreusée* ou soie *cuite*.

Consommation de la soie en France. On évalue à 3.000.000 de kilogrammes au moins la quantité de soie mise en œuvre par an actuellement en France. Sa valeur est variable avec les années et les qualités de la matière. On peut cependant l'estimer approximativement en moyenne a un prix de 55 francs le kilogramme.

Les 3 000 000 de kilogrammes de soie grége représentent donc une valeur en francs de 165.000.000, qui peuvent être considérés comme un des grands revenus de notre industrie agricole du Midi. Malheureusement une partie de la consommation, près d'un tiers, nous vient encore de l'étranger, et échappe par conséquent à la production indigène.

Quelque considérable que soit l'importation de la soie étrangère, elle a diminué graduellement d'une manière sensible depuis un demi-siècle. Toutes les soies de belles qualités nous venaient alors de l'étranger, de la Chine surtout. Aujourd'hui, aucun pays ne produit de meilleure soie que la France, et il en est peu qui puissent atteindre à la perfection des soies françaises, auxquelles il n'y a d'autre reproche à adresser que l'élévation du prix, qui est supérieur, il faut le dire, à celui des soies qu'on offre en concurrence. Mais qu'une amélioration vienne à être introduite dans le tirage de la soie, qu'on diminue la quantité du déchet au tirage des cocons, *comme cela ne peut manquer d'arriver bientôt*, l'agriculture indigène alimentera à elle seule notre grande industrie sériciicole, sans avoir besoin d'augmenter les plantations de mûriers. Il est permis de croire qu'alors nous acquerrons définitivement le premier rang dans toutes les spécialités qu'elle embrasse.

Dans l'état actuel des choses, les pays étrangers d'où la soie est importée sont : les États sardes, pour plus des deux tiers ; la Suisse, la Turquie, une partie de l'Italie, l'Espagne pour le reste.

De toutes nos industries, celle des soieries travaille le plus pour l'exportation ; la moitié environ de la soie employée est exportée sous forme de tissus. L'Angleterre et les États-Unis forment nos principaux débouchés. On ne saurait trop répéter que ces pays font les plus grands efforts pour parvenir à se suffire ; déjà ils n'ont rien à nous envier pour les étoffes unies, et nous sont supérieurs pour la production des foulards. Il ne nous reste donc que notre position favorable pour la production de la matière première, et notre supériorité incontestable dans la fabrication des étoffes façonnées. Mais si le sol de l'Angleterre et des Etats-Unis ne se prête pas à la culture du mûrier, les possessions anglaises des Indes produisent la soie grége sur une échelle gigantesque : cette soie n'est pas d'une bonne qualité, il est vrai, et le rendement est faible. Ces faits pourraient nous rassurer, si ces désavantages résultaient réellement de la nature des soies des Grandes-Indes. Il nous est, au contraire, démontré que les inconvénients tiennent aux moyens imparfaits employés jusqu'ici dans ces contrées pour tirer parti des cocons. Les Anglais en sont convaincus comme nous ; aussi ne reculent-ils devant aucun sacrifice pour obtenir des améliorations. Ils ne font pas moins d'efforts pour atteindre à la perfection de nos tissus façonnés ; mais sur ce point nous sommes invulnérables : car notre supériorité résulte précisément du génie de notre nation, qui ne se transplante pas, ne s'imite pas, et ne peut être surpassé par le bon marché de la force motrice et la perfection des machines.

La Chine et le Japon ont fourni dans ces dernières années des quantités considérables de soie, et comblé, au grand avantage de notre industrie, le déficit causé par la maladie des vers à soie.

Premier degré de préparation de la soie.

ÉDUCATION DES VERS A SOIE. L'éducation des vers à soie qui a pour but la production des cocons, doit nécessairement être subordonnée à la plantation et à la culture du mûrier, car elle ne peut être pratiquée que dans les lieux mêmes où cette culture est possible, les feuilles vertes et fraîches de cet arbuste constituant la nourriture exclusive des vers à soie. Les principales éducations établies sur une grande échelle en France se trouvent dans les départements du Gard,

de l'Ardèche, de Vaucluse et de la Drôme, qui possèdent environ les trois quarts des mûriers indigènes. Les autres sont situées dans les départements des Bouches-du-Rhône, de l'Hérault, du Var, de l'Isère, de la Loire, de l'Indre-et-Loire, de la Lozère, et dans quelques autres départements, mais en quantité insignifiante.

Tout le monde connaît cependant les heureux essais et les fructueux exemples présentés par M. Camille Beauvais dans son bel établissement modèle situé aux environs de Paris

D'autres tentatives pour la plantation du mûrier sur un sol qu'on avait cru jusqu'alors impropre prouvent que cette culture pourra sans doute s'étendre encore. M. le comte de Gasparin, dans de savantes recherches sur les moyens de déterminer la limite de la culture du mûrier, donne à la fin de son analyse des conclusions que nos lecteurs nous sauront gré de rapporter ici (1).

« 1° La culture du mûrier dont on ne cueille pas la feuille est possible jusqu'à une limite très avancée vers le nord, qui est fixée par l'arrivée fréquente d'une température minimum de —25 degrés.

« Cette limite est tracée par une ligne qui, partant d'un point de la chaîne de Dorrefields en Scandinavie, va aboutir à l'embouchure du Danube, et sépare à l'orient les pays qui sont exposés à éprouver quelquefois cette température rigoureuse, de ceux qui à l'occident et au niveau de la mer peuvent élever le mûrier sans crainte de le voir périr par le froid.

« 2° Les autres circonstances météorologiques limitent cet espace occidental par une ligne qui ne peut être géographiquement déterminée, parce qu'elle est donnée à la fois par la production de la feuille du mûrier et par l'habileté déployée dans l'éducation des vers à soie. Mais si l'on supposait cette habileté égale en tous lieux, au nord et au midi, il paraît que la limite de la culture utile du mûrier ne dépasserait pas la limite de la vigne au prix actuel de la soie.

« 3° Dans l'enceinte que nous avons signalée comme propre à la culture utile du mûrier certaines contrées en sont exclues par des maladies propres aux feuilles de cet arbre.

« 4° Le mûrier peut s'élever sur le flanc des montagnes de l'Europe jusqu'au point où la température moyenne de l'année est de 9° à 44°.

« 5° Les climats habituellement orageux étant plus sujets aux touffes qui précèdent les orages, sont contraires aux vers à soie.

« 6° Les lieux où règnent des fièvres endémiques produites par les effluves des marais leur sont pernicieux. L'effluve atteint souvent des lieux éloignés de son origine par l'intermédiaire de certains vents qui causent une gêne dans les fonctions vitales, sans causer de maladies proprement dites sur les grands animaux, mais qui sont très défavorables aux vers à soie.

« 7° La limite météorologique descend vers le midi à chaque réduction dans le prix moyen des soies, de même qu'elle monte vers le nord si ce prix vient à s'élever.

« 8° L'industrie sérifère n'est jamais une industrie agricole principale, mais un accessoire plus ou moins important dans les pays à grandes fermes et dans tous ceux où les familles des cultivateurs ne sont pas à l'exploitation et où l'on a recours aux valets à gages.

« 9° Les pays à métairies sont plus favorables à cette industrie que ceux à fermages, à raison de la longue durée des baux coloniques et de la stabilité des colons.

« 10° Les cultures spéciales qui emploient de grands capitaux fixés sont exclusives de l'extension de celle du mûrier.

« 11° Les cultures générales qui emploient beaucoup de travaux au printemps s'accordent mal avec l'industrie de la soie.

« D'après ces données, il devient possible de tracer en Europe la limite de la culture utile du mûrier faite en grand et généralisée, et je ne serais pas éloigné de penser qu'elle se dirige le long du cours de la Loire en partant de son embouchure, et allant rejoindre celui de la Moselle, qu'elle suivrait jusqu'à son confluent, sans l'extension des assolements alternes dans le Palatinat et l'Alsace; mais cette circonstance la force à se replier sur les Vosges. La partie des États autrichiens le long du Danube pourrait aussi admettre le mûrier en grande culture partout où la population p ut y suffire. C'est dans l'espace de terrain au midi de cette ligne, fixée à grands traits par la Loire et le Danube, que les convenances météorologiques, économiques et agricoles paraissent se réunir le mieux.

« Si l'on en écarte les lieux qui ne sont pas compatibles avec elle en raison de leur altitude (élévation au-dessus du niveau de la mer), je crains que ce qui sera tenté plus au nord, n'ait jamais un caractère de généralité qui pourrait faire de cette culture une partie de la richesse agricole, et ne reste à l'état d'expériences plus curieuses qu'utiles pour le pays, en raison surtout de la distribution, de la propriété, de la répartition de la population et du genre de culture adopté.

« Mais le midi n'oubliera jamais les services que lui ont déjà rendus et que lui rendent tous les jours ces expériences, entre les mains de gens éclairés, savants, qui ont porté une critique judicieuse sur tous les points de la culture et de l'éducation, et ont ouvert une nouvelle ère à cette riche industrie. Qu'ils profitent eux-mêmes de leurs efforts, rien n'est plus juste et ils continueront à jouir de l'avantage que leur donne la supériorité de leurs méthodes d'éducation et de leurs produits, jusqu'à ce qu'ils aient été imités et atteints par la masse des cultivateurs du midi.

« Alors la loi inflexible imposée par la différence des climats reprendra tout son empire et recommencera à peser sur eux. Mais ces temps sont encore éloignés. L'avenir décidera si j'ai bien jugé la question. »

Les détails concernant la plantation et la culture du mûrier étant purement agricoles, nous ne traiterons pas cette question, qui sort d'ailleurs du cadre que nous nous sommes tracé, et ne peut trouver sa place que dans les ouvrages et les mémoires d'agriculture.

L'éducation des vers à soie, quoique pratiquée également dans les campagnes et dans les villes, peut être considérée aussi bien comme une industrie manufacturière qu'agricole, ou plutôt elle doit être regardée comme une industrie à part, sans analogie avec les autres industries; nous ne pouvons cependant nous dispenser d'esquisser au moins à grands traits les travaux intéressants qu'elle embrasse, sans nous exposer à une lacune importante. Aucun travail matériel n'offre à notre avis un exemple plus remarquable de la puissance de l'industrie et des richesses considérables qu'elle crée; quelques semaines à peine suffisent pour suivre et diriger le développement de ces innombrables graines microscopiques dans les diverses et merveilleuses transformations qu'elles présentent, du jour de leur éclosion au jour de leur mort, et pour faire de leurs riches dépouilles une des sources les plus considérables de la fortune publique.

Mais si le temps de l'élaboration de la soie est de peu

(1) *Essai sur l'histoire de l'introduction du ver à soie en Europe, et Mémoire sur les moyens de déterminer la limite de la culture du mûrier et de l'éducation des vers à soie;* par M. le comte de Gasparin.

de durée, les soins à prendre pour la mener à bien sont délicats et infinis, ce n'est plus là une industrie où l'intelligence et l'attention peuvent être remplacées par des machines.

Ce n'est cependant pas une de ces industries sur les principes fondamentaux de laquelle on ne soit pas fixé encore, car, au contraire, l'art d'élever des vers à soie se réduit à savoir choisir la graine et à la faire éclore ; à mettre les insectes éclos à l'abri des intempéries, à les maintenir dans le plus parfait état de propreté, au milieu d'un air très pur et suffisamment chargé d'humidité, et à une température convenablement graduée ; et, enfin, à récolter les cocons pour les dévider.

L'instinct de l'insecte lui ferait rechercher la plupart de ces conditions s'il était livré à lui-même. Leur réalisation est encore sans grandes difficultés, dans une exploitation de peu d'importance ; mais on ne les atteint que par les soins les plus intelligents, l'attention la plus soutenue et la disposition la plus convenable des ateliers, lorsqu'il s'agit d'une éducation sur une échelle plus étendue, qui ne peut absolument avoir lieu sous notre climat que dans des ateliers clos, qui doivent alors être facilement ventilés et chauffés afin que les exhalaisons malsaines produites par la respiration, la transpiration, et par la fermentation de la litière d'une agglomération aussi considérable de petits insectes, soient neutralisées.

La fermentation de la litière est d'autant plus à craindre, qu'il est indispensable de maintenir l'air des ateliers à un certain degré d'humidité toujours nécessaire à l'air respirable et qui sert également ici à attendrir les feuilles et à les faire rechercher par les vers.

Autrefois on purifiait ou plutôt on croyait purifier l'air des *magnaneries* (1) par des émanations odoriférantes en y brûlant des aromates, ou on faisait bouillir du vinaigre avec des clous de girofle, ou en saupoudrant les vers de chlorure de chaux. On conçoit toute l'insuffisance de semblables moyens et le danger qu'ils présentaient.

Olivier de Serres et, de notre temps, le comte Dandolo, habile éleveur du Piémont, eurent les premiers l'idée d'avoir recours à des moyens plus sûrs, plus réguliers et plus parfaits, à une ventilation convenable.

Ce moyen fut bientôt perfectionné par M. d'Arcet dont la magnanerie salubre, à ventilation constante et forcée, est si appréciée aujourd'hui.

Nous la décrirons après avoir traité de l'éducation.

Le germe du ver à soie est un œuf ou une graine d'une couleur jaunâtre lors de la ponte et grisâtre plus tard ; la grosseur est à peu près celle d'un petit grain de millet.

La chaleur du printemps, ou une chaleur artificielle, fait bientôt éclore cet œuf et le transforme en un ver ou petite chenille, qui grossit considérablement et prend son développement total dans vingt-cinq jours ordinairement. Pendant cette période, la chenille passe par quatre *mues*. Ces renouvellements de peau des insectes sont annoncés par une espèce de léthargie qui dure pendant vingt-quatre heures et expose les vers à des maladies qui en font périr considérablement. Dès que la mue approche et que la chenille commence à être serrée dans sa peau, elle prend moins de nourriture et diminue de volume ; elle attache alors à ce qui l'entoure des brins de soie pour recevoir son enveloppe. L'écaille du museau sort d'abord, après quoi, la chenille sort de la peau qui reste retenue par les fils de soie qu'elle a accrochés aux objets qui l'entouraient. Quelques vers succombent sans avoir pu changer de peau pendant la mue.

L'appétit de l'insecte est variable avec ses différents états et se ralentit lorsque la chenille a pris son accroissement ; à partir de cet instant son volume et son poids diminuent également. Il rejette ses excréments et la dernière membrane qui le recouvre ; il n'est plus composé alors que de la matière soyeuse et de la substance animale.

La transformation de la première en cocon demande environ trois jours. La métamorphose de la chrysalide en papillon a lieu ordinairement en quinze ou vingt jours. Il perce alors son enveloppe pour aller s'accoupler. Deux ou trois jours après l'accouplement, la femelle dépose de trois cents à cinq cents œufs ; le couple meurt aussitôt après cette ponte.

Dans l'exploitation des vers à soie on ne laisse arriver à leur dernière métamorphose que les insectes destinés à la reproduction ; on étouffe les autres lorsqu'ils sont en chrysalides, afin de pouvoir dévider le fil du cocon sur toute sa longueur.

Nous allons indiquer maintenant la marche recommandée comme la meilleure par la plupart des éleveurs expérimentés depuis Dandolo, pendant la durée totale d'une éducation qui comprend quarante-sept jours environ depuis le premier jour où l'on met les œufs éclore jusqu'après la mort des papillons.

Les points à considérer sont :

1° Le choix de la graine ;
2° Le moment le plus convenable pour l'éclosion ;
3° L'incubation de la graine ;
4° La levée des vers ;
5° Les divers âges des vers et la place occupée :
6° Les soins à donner aux vers ;
7° Les maladies des vers ;
8° Le boisement et la montée des vers ;
9° Le déramage ou le décoconage ;
10° L'étouffement des cocons ;
11° La construction de la magnanerie.

Du choix de la graine ou des œufs. La couleur d'une bonne graine doit être d'un gris bleu naturel. Il faut avoir bien soin de s'assurer que cette teinte n'a pas été donnée artificiellement avec du gros vin.

La graine jaune, ou rouge-brun, doit être rejetée. La bonne graine est cassante ; la liqueur qu'elle contient ne doit être ni trop claire ni trop visqueuse, et sa densité doit être assez grande pour qu'elle ne surnage pas dans le vin. Quand on achète la graine au moment de la ponte, on est moins exposé à la fraude et on peut la transporter immédiatement ; le voyage offre alors moins d'inconvénients que si on l'effectue dans un temps plus rapproché de l'éclosion ; on conserve la graine dans des boîtes fermées qu'on place dans les lieux les moins exposés à des variations brusques de température, et, par conséquent, dans les caves.

La plupart des éleveurs, pour être sûrs de la qualité des vers, les font produire chez eux par une éducation spéciale. La graine de Japon est la seule qui ne soit pas infectée aujourd'hui par une funeste maladie.

Du moment le plus convenable pour l'éclosion. L'éclosion ayant toujours lieu artificiellement, il devient important de la provoquer à l'époque où l'on peut se procurer des feuilles de mûrier.

L'époque peut donc varier chaque année suivant les progrès de la végétation. Il faut en général que le moment où les vers consomment le plus corresponde à celui où la feuille aura atteint son plus grand développement. L'expérience et l'habitude d'observation peuvent donc seules faire connaître l'époque la plus convenable de l'éclosion.

De l'incubation de la graine. Si on laissait la graine éclore spontanément, l'éclosion de tous les œufs ne se ferait pas en même temps et l'éducation de la masse serait irrégulière ; on a, par cette raison, cherché en tous temps à déterminer cette éclosion par la chaleur artificielle.

(1) Le mot magnanerie, vient de magnan qui, dans le dialecte languedocien, désigne le ver à soie.

Les moyens employés autrefois variaient et n'étaient pas toujours sans inconvénients; on avait recours à la chaleur d'un fumier, ou à la chaleur animale. Dans ce dernier cas, la graine était contenue dans un sac en coton qu'on se plaçait sur l'estomac pendant le jour, et qu'on mettait entre deux oreillers pendant la nuit. Ce moyen est encore pratiqué dans le Midi pour de petites éducations, mais il est vicieux à cause des variations de température auxquelles est soumise la graine.

Dans les éducations les plus importantes on a recours soit à une *couveuse*, soit à la chambre à éclosion. La couveuse est une boîte en fer-blanc munie d'un appareil chauffé par une lampe; la chambre d'éclosion est simplement une petite pièce chauffée convenablement par un calorifère ou un poêle en faïence.

C'est encore Dandolo qui, l'un des premiers, signala les dangers de l'ancienne méthode adoptée pour l'éclosion et recommanda l'emploi de petites étuves.

Les œufs sont déposés dans de petites boîtes en bois mince; pour 30 grammes d'œufs, les boîtes doivent avoir $0^{m.\,car.}$,20 de surface, sur 0^{m},12 de hauteur. On place sur des morceaux de bois, enfoncés dans le mur, des claies d'osier à 0^{m},60 de distance l'une au-dessus de l'autre; les boîtes placées sur ces claies sont facilement visitées.

La durée de l'incubation, telle qu'elle est pratiquée par M. Camille Beauvais, est de sept jours. La température dans l'étuve est graduée pendant ce temps de la manière suivante : 1er jour, 17 à 18° R.; 2e jour, 19°; 3e jour, 21°; 4e jour, 21°; 5e jour, 22°; 6e jour, 23°; 7e jour, 24°; éclosion.

D'après Dandolo, le moment de l'éclosion se reconnaît par le changement de couleur de la graine qui, du gris cendré, passe au bleu de ciel et ensuite au violet, puis redevient cendré, jaune, et enfin blanc sale; pendant le séjour des œufs à l'étuve, on a soin de les remuer avec une spatule, afin d'établir une température bien uniforme dans la masse, et de provoquer une éclosion simultanée. Il est à remarquer qu'elle a constamment lieu à 24°.

De la levée du ver. Lorsque les graines sont arrivées à la couleur jaunâtre, les vers sont déjà tout formés et perceptibles à la loupe; on les recouvre alors d'un morceau de papier percé de petits trous, ou d'un morceau de mousseline, au-dessus duquel on place de petits rameaux tendres de mûrier que les vers viennent chercher. Les vers sains sont d'une teinte châtaine; les roux et les noirs sont peu estimés. Quand les feuilles de mûrier sont bien chargées de vers, elles sont enlevées et rangées sur des claies par bandes régulières et espacées de manière à laisser aux insectes, à mesure qu'ils grandissent, une place suffisante. Quelquefois on a un petit atelier destiné aux vers pendant les premiers âges; on les laisse même souvent dans une partie de l'étuve, et on ne les porte à la magnanerie de M. d'Arcet que vers les derniers temps de leur développement.

Les ateliers sont disposés de manière à présenter des espaces variables; le transport de cette fourmilière de petits vers n'étant pas facile, surtout au moment de leur naissance.

Des divers âges des vers et de la place qu'ils occupent à ces âges. On compte cinq âges dans la vie du ver à soie correspondant aux époques des quatre mues et de la montée.

Le 1er âge comprend de l'éclosion à la 1re mue;
Le 2e — — de la 1re à la 2e mue;
Le 3e — — de la 2e à la 3e mue;
Le 4e — — de la 3e à la 4e mue;
Le 5e — — de la 4e à la montée.

La durée de ces âges peut varier légèrement avec le genre d'éducation, et surtout l'élévation plus ou moins grande de température de la magnanerie.

Le tableau publié par M. Brunet de Lagrange, sous les auspices de M. le ministre du commerce et de l'agriculture, sur une éducation hâtive, d'après les méthodes de M. Camille Beauvais et les procédés de ventilation de M. d'Arcet, assigne les durées suivantes pour chaque âge :

1er âge.	4 jours;
2e âge.	4 —
3e âge.	6 —
4e âge.	6 —
5e âge.	7 —

Le même tableau indique 6 jours pour la formation du cocon, et 10 jours depuis la formation du cocon jusqu'après la ponte des œufs et la mort du couple, ce qui donne pour l'éducation complète, à partir de l'éclosion, 40 jours, et 47 en y ajoutant la durée de l'incubation.

Les espaces nécessaires aux vers et à leur nourriture à ces différents âges, sont moyennement les suivants, d'après M. Boullenois, pour une éducation de 31 grammes de graine :

A la fin du 1er	âge environ.	1,31		mètres carrés.
— 2e	—	2,62	à 3,93	—
— 3e	—	5,24	à 7,86	—
— 4e	—	10,48	à 10,72	—
— 5e	—	20,96	à 31,44	—

Soins à donner aux vers. Les principaux soins à donner aux vers consistent dans l'établissement d'une ventilation régulière, le maintien d'un degré d'humidité suffisant, d'une température convenablement graduée et d'une grande propreté dans l'atelier, dans une bonne préparation et une distribution des feuilles bien calculée pour fournir une alimentation continue aux vers, et enfin dans le délitement et le dédoublement.

Pour éviter une variation brusque de température, l'atelier dans lequel le jeune ver est placé doit être à la même température que celle à laquelle l'éclosion a eu lieu. Cette température est pendant le premier âge jusqu'à 20 degrés, et reste la même pendant la durée de l'éducation. L'hygromètre doit toujours marquer de 75 à 85 degrés.

Le nombre des repas doit être de 24 par jour pendant le premier âge, de 18 pendant le deuxième, de 12 pendant le troisième et le quatrième, et 8 pendant le cinquième.

Les feuilles doivent être mondées ou coupées très menues, et distribuées avec un tamis à mailles en fil de fer, et d'environ 8 lignes, pendant les trois premiers âges; au quatrième âge, on coupe encore la feuille, mais beaucoup moins menue : on ne cesse de les couper qu'au cinquième âge.

Le délitement consiste à enlever la litière et les excréments de dessous les vers. Le dédoublement a pour but de les espacer convenablement, de manière à laisser entre eux un espace égal à celui qu'ils occupent sur la claie.

On faisait le délitement naguère encore à la main; il était long, difficile et dangereux pour le ver. On procède maintenant d'une manière beaucoup plus simple et plus sûre au moyen de filets. On pose les filets sur les claies, on jette de la feuille par dessus, puis, une fois que les vers sont montés sur les feuilles, on n'a qu'à soulever les filets pour ôter la litière.

Le dédoublement a également lieu par les filets : on plie deux filets en long et on les pose l'un à côté de l'autre sur les vers, de manière à diviser en deux parties chaque claie. On donne la feuille comme à l'ordinaire, puis on emporte chaque filet sur une claie séparée.

Dans les premiers âges le délitement a lieu moins scu-

vent que dans les derniers, pendant lesquels la quantité d'excréments est bien plus grande. On peut consulter également le tableau que nous avons cité précédemment sur la manière la plus convenable à adopter pour cette opération. On compte qu'une éducation de 31 grammes d'œufs, estimée 40.000 vers environ, consomme en moyenne les quantités suivantes de feuilles non mondées chaque jour de l'éducation :

1er jour. . .	0k,500	13e jour. . .	20k, »
2e jour. . .	1k, »	14e jour. . .	30k,500
3e jour. . .	2k, »	15e jour. . .	50k, »
4e jour. . .	0k,500	16e jour. . .	32k, »
5e jour. . .	4k, »	17e jour. . .	2k,500
6e jour. . .	11k,500	18e jour. . .	35k, »
7e jour. . .	1k,500	19e jour. . .	75k, »
8e jour. . .	3k,500	20e jour. . .	100k, »
9e jour. . .	7k,500	21e jour. . .	170k, »
10e jour. . .	20k, »	22e jour. . .	230k, »
11e jour. . .	15k, »	23e jour. . .	150k, »
12e jour. . .	1k,500	24e jour. . .	50k, »

Ce qui donne une consommation totale de 1.013k,5.

La variation de l'appétit des vers est remarquable; il est presque nul au commencement des mues.

Des maladies des vers à soie. Pendant l'éducation, les insectes sont exposés à de nombreuses maladies qu'on désigne sous des noms différents suivant les localités. Le nombre de ces maladies diminue cependant journellement avec les perfectionnements de l'éducation. Nous ne pouvons aborder la description des différentes maladies étudiées par Dandolo et plusieurs naturalistes et chimistes, et entre autres par M. Audouin, et M. Bérard qui s'est surtout attaché à étudier la maladie la plus funeste qu'on désigne sous le nom de *muscadine*. C'est dans les écrits de ces savants, dans le traité de Pitaro, et dans les mémoires publiés par la Société séricicole qu'on pourra trouver tous les développements que comporte ce sujet.

Nous devons nous borner à répéter que l'on parvient à éviter la plupart des maladies qui ne sont pas dans la constitution même du ver, en procédant avec les soins que nous avons indiqués.

Si par malheur quelque magnanerie est affectée de mortalité, le meilleur moyen d'y remédier est de purifier les parois, le plafond, le plancher, les claies et les ustensiles avec des fumigations de soufre, et de les laver avec des lessives caustiques.

De la montée du ver et du boisement. Vers la fin du cinquième âge, lorsque le ver a atteint tout son développement, il cesse de manger, perd sa couleur, diminue de volume et devient transparent; il manifeste alors une agitation, une vivacité qu'on ne lui avait vue qu'à sa naissance. Il cherche de tous côtés un point d'appui pour commencer son cocon. Il faut alors se hâter de faciliter son travail au moyen de petits branchages de bruyère, de genêt, de bouleau ou de colza, disposés en plans inclinés, et de manière que la circulation de l'air puisse librement s'établir. A la ferme des *Bergeries* de Sénart, on emploie de petites tringles en bois, percées de trous, dans lesquels on fixe, au moyen de colle forte, des brins de bouleau en les espaçant de 8 à 10 millimètres.

On place le boisement entre les claies en allant des rangées supérieures aux inférieures.

Les chenilles d'une éducation ne montent pas toutes en même temps; il faut au moins vingt-quatre heures pour que toutes commencent à filer et se soient débarrassées des matières étrangères qu'elles contiennent encore. Les dernières au travail sont exposées à recevoir les déjections des premières; c'est à ce moment qu'il est important de les débarrasser des litières et de les nettoyer avec soin pour éviter un grand déchet. Ce nettoyage se fait également aujourd'hui avec des filets en papier imaginés par M. Robert. Les accidents sont plus sûrement évités encore par l'emploi des coconières de M. David. Six à huit jours suffisent pour que tous les cocons d'une éducation soient formés.

Etouffement. Il est indispensable, comme on sait, d'étouffer les chrysalides avant qu'elles ne soient métamorphosées en papillons. Il est cependant nécessaire que les cocons soient parfaitement formés, sans quoi les vers ne seraient pas transformés en chrysalides et tacheraient la soie.

Les divers modes d'étouffement employés sont la chaleur du four, celle du soleil, la vapeur, le bain-marie, l'air chaud et enfin certains gaz; il faut exclure de ces moyens ceux qui ne permettent pas d'apprécier exactement le degré de chaleur; car, une température trop faible laisserait aux papillons le temps de se produire, tandis qu'une trop grande pourrait altérer la soie. La vapeur a l'inconvénient de mouiller les cocons, ce qui peut également nuire à la matière.

Le bain-marie, s'il pouvait facilement s'appliquer sur une grande échelle, serait un excellent moyen, par la facilité qu'il offre d'avoir toujours une température régulière.

Enfin le mode qui paraît le plus sûr est celui de l'emploi de l'air chaud que M. C. Beauvais a le premier pratiqué. Les cocons placés sur des claies mobiles dans un appareil spécial, sont rapidement desséchés par un courant d'air chaud à une température de 75° à 80°. Ce procédé paraît aussi expéditif que favorable; 800 kilogrammes de cocons peuvent être étouffés en un jour avec un appareil d'une dimension moyenne. L'emploi de la chaleur du soleil n'est pas toujours possible, et celui de certains gaz présente des difficultés et nécessite une dépense trop élevée.

Déramage. Les cocons étant bien terminés, on les enlève et on les dispose dans des paniers, on les trie après avoir étouffé les chrysalides, on sépare ensuite les cocons blancs des cocons jaunes.

La race blanche présente plusieurs variétés; la race *sina* est la plus estimée; viennent ensuite les races d'Annonay, de Novi, etc.

La race jaune, qui est la plus commune, comprend celle de Valence, celle des petits Milanais, etc., etc.

Les cocons des différentes races sont triés suivant leurs qualités, et distingués ordinairement par les désignations suivantes :

Les cocons de première qualité, les cocons pointus, les cocalons, les duppions ou cocons doubles, les soufflons, les cocons perforés, les bonnes chaquettes, les mauvaises chaquettes, les cocons calcinés.

Les cocons de 1re qualité sont les plus serrés et les plus sains, mais ne sont pas toujours les plus gros.

Les cocons pointus sont coniques, comme leur nom l'indique. Cette forme a l'inconvénient de faire briser plus fréquemment le fil pendant le dévidage, par suite du mode généralement employé pour tirer le fil.

Les cocalons, bien que plus gros que les autres, ne donnent cependant pas plus de soie. Leur texture étant moins serrée, on les dévide ordinairement à une température moins élevée.

Les duppions ou cocons doubles sont produits par le travail de deux vers. Leurs fils sont tellement entrelacés que le dévidage continu n'est pas possible.

Les soufflons sont des cocons d'une tissure si lâche qu'ils sont transparents. Leur dévidage est également très difficile.

Les cocons perforés sont troués à une de leurs extrémités; le fil a par conséquent de nombreuses solutions de continuité.

Les bonnes chaquettes sont des cocons dans lesquels les insectes sont morts avant l'achèvement de leur œuvre; la soie en est moins brillante et moins solide.

On les reconnait en ce que la chrysalide amere au cocon.

Les mauvaises chaquettes sont des cocons défectueux, tachés ou gâtés, dont la soie est mauvaise et la couleur noirâtre.

Les cocons calcinés sont ceux dans lesquels les vers sont attaqués de maladies après la construction de leur enveloppe. Ils y sont quelquefois durcis, et quelquefois réduits en poudre blanche.

Description de la magnanerie salubre de M. d'Arcet (1). Le rez-de chaussée de la magnanerie est en partie divisé dans la longueur par les piliers qui supportent le plancher du premier étage, vers l'extrémité de cet atelier se trouve une cloison qui, le traversant dans toute sa largeur, en isole un espace servant de chambre à air froid ou air chaud, et d'où part la ventilation de la magnanerie. Cette chambre est garnie d'un calorifère dont le tuyau se rend dans la cheminée générale. C'est dans cette partie du rez-de-chaussée que se fera l'échauffement ou le refroidissement de l'air, et le règlement de la ventilation; le restant de l'atelier servira à sécher les feuilles qui seraient récoltées étant humides, et à filer les cocons par le procédé de Gensoul, après la fin de l'éducation.

2284.

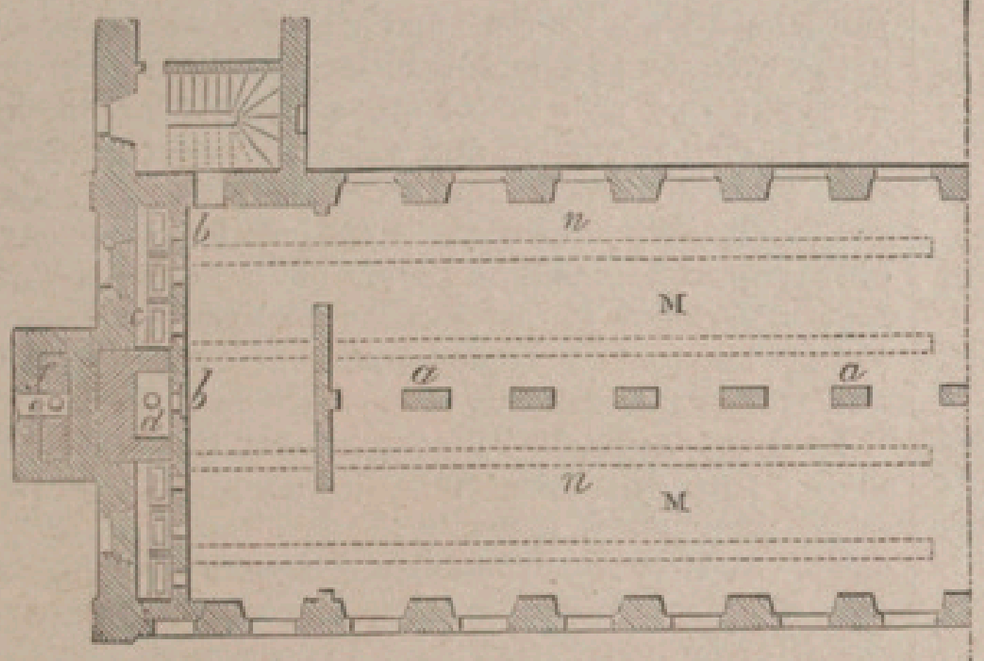


Fig. 2284, plan. C'est dans cet atelier que se placent les vers à soie pendant toute leur éducation. On voit en *b*, *b*, les points de départ des conduits en bois, par lesquels l'air chauffé ou refroidi convenablement, passe de la chambre à air dont nous parlerons dans la magnanerie. Les places indiquées par *n*, *n*, représentent les claies sur lesquelles on élève les vers à soie; une cloison sépare à volonté la grande pièce en deux ateliers tout semblables.

Fig. 2285, coupe verticale de la chambre à air.

d, massif du calorifère.

e, tuyau du calorifère. Il est doublement coudé à droite et à gauche pour échauffer facilement le courant ventilateur qui traverse la chambre à air. Ce tuyau s'élève, en sortant de cette chambre, à quelques mètres de hauteur dans la cheminée générale, où il va établir l'appel qui occasionne la ventilation forcée de tout le système. Le tuyau doit être garni d'une clef à sa partie supérieure, près du plancher. Cette clef, destinée à régulariser le service du calorifère, doit pouvoir se manœuvrer du devant de la cloison, où se tient le chauffeur.

q, *q*, tables sur lesquelles se posent, à droite et à gauche du calorifère, les caisses en cuivre ou en zinc remplies, selon le besoin, d'eau chaude ou de glace. Ces tables occupent la moitié de la largeur de la chambre à air.

r, *r*, caisses en cuivre ou en zinc, que l'on remplit d'eau chaude ou de glace, selon que l'on a besoin de charger d'humidité le courant ventilateur, ou de diminuer la température de cet air.

Je rappellerai ici, pour mieux faire comprendre cette coupe, qu'il existe dans la cloison, qui ferme le devant de cette chambre à air, une porte devant chaque caisse en cuivre pour en faire le service, et entre les pieds des tables, des espèces de chatières laissant entrer la quantité convenable d'air dans la chambre.

Fig. 2286, coupe longitudinale de la magnanerie. Ici tout le système de ventilation se trouve bien développé.

d, massif du calorifère.

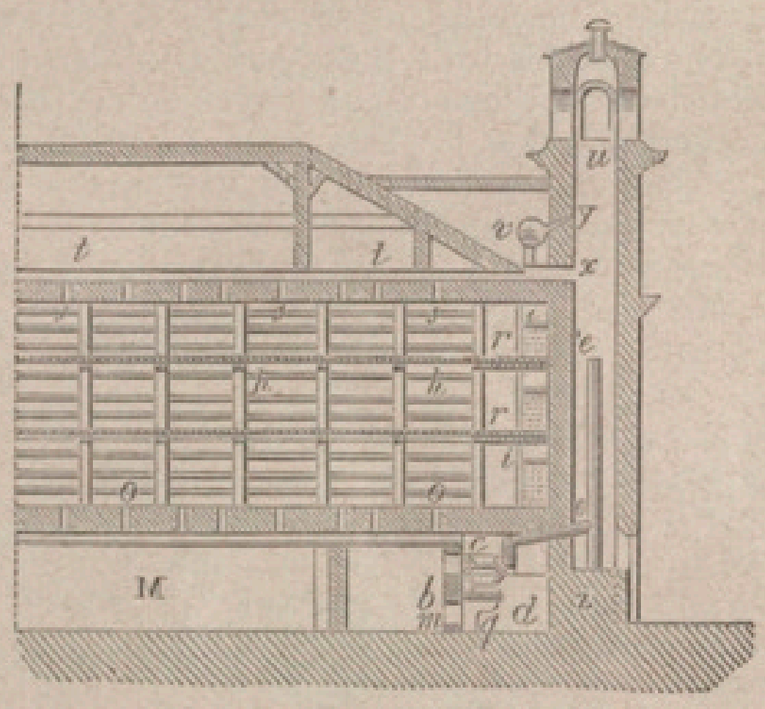
e, tuyau du calorifère.

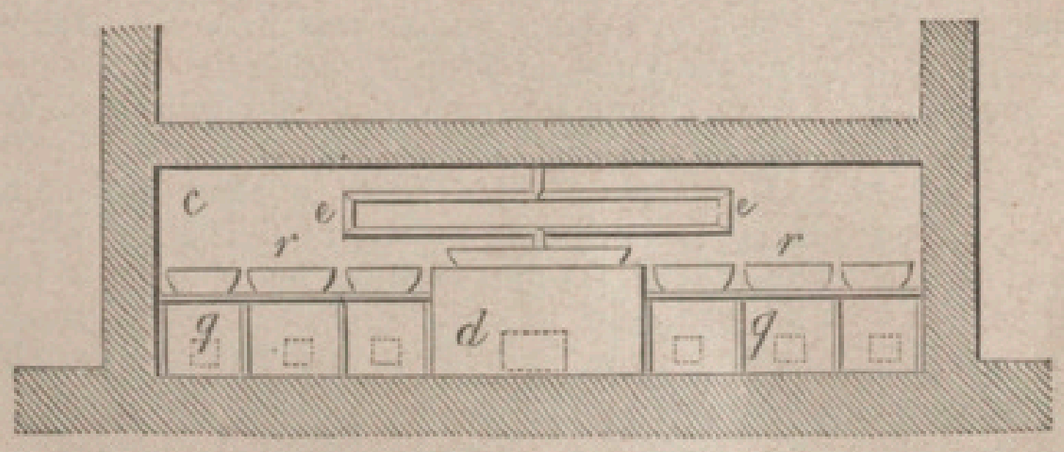
h, claies ou filets sur lesquels on place les vers à soie.

o, *o*, ouvertures ou chatières par lesquelles l'air extérieur entre dans la chambre, en passant sous chaque table et entre leurs montants; la cloison est garnie de huit de ces chatières.

b, porte pour le service du calorifère. Il y a quatre

2286.





2285.

autres portes plus petites à droite et à gauche de celle-ci, pour le service des huit petites caisses placées sur les tables.

t, *t*, orifices d'une des gaines en bois, prenant l'air dans la chambre, et le conduisant au système général de ventilation de la magnanerie.

Quand on ne fait pas de feu, l'air est mis en mouvement dans le conduit *t*, à l'aide d'un tarare qui communique avec la grande cheminée. Une tirette, placée entre le tarare et la cheminée, sert à envoyer à volonté l'air de la magnanerie, soit au tarare, soit directement dans la grande cheminée. Lorsque cette tirette est fermée, et que l'on fait tourner le tarare, l'air de la magna-

(1) Nous renvoyons pour la description complète au *Bulletin de la Société d'encouragement*, auquel elle a été fournie par M. d'Arcet lui-même.

nerie est alors poussé dans la grande cheminée par l'ouverture *y*, qui communique de la caisse du tarare à cette cheminée.

u, grande cheminée de ventilation.

v, tarare ou ventilateur mécanique. On ne doit s'en servir que dans le cas où il ne faudrait pas échauffer le courant d'air dans la chambre, et où l'on ne voudrait pas employer le fourneau d'appel spécial au pied de la cheminée générale. On peut faire fonctionner ce tarare, soit d'en haut directement, soit d'en bas au moyen d'une corde sans fin et de deux poulies.

x, communication directe du coffre, où viennent se réunir les quatre conduits avec la grande cheminée. La section verticale de ce passage doit avoir, ainsi que la section du coffre en bois qui y aboutit, cinq fois la surface de la section transversale d'un des conduits.

y, conduit par lequel l'air vicié dans la magnanerie passe du tarare dans la grande cheminée. Ce conduit doit avoir la même section que celle donnée au passage *x*.

z, fourneau d'appel spécial, construit en dehors du bâtiment et au pied de la grande cheminée; son tuyau vient se joindre à celui du calorifère, comme on le voit en *e*. Ce fourneau d'appel et le tarare sont établis dans le même but, qui est de pouvoir opérer la ventilation de la magnanerie, lorsque l'air extérieur sera à la température voulue, et dans le cas où, cet air se trouvant plus chaud qu'il ne faudrait, il deviendrait nécessaire de le refroidir convenablement, au moyen de la glace, avant de l'introduire dans la pièce où sont les vers à soie.

r, *r*, planchers qui divisent la magnanerie dans sa hauteur en trois étages. Ces planchers servent à tourner tout autour des huit piles de claies, pour en pouvoir faire commodément le service.

i, *i*, petits escaliers destinés à monter aux différents étages sur les planchers *r*, *r*.

Nous conservons ici la description de cette magnanerie parce que, malgré l'insuccès des tentatives de production de la soie dans le Nord, on reviendra sans doute à l'élève du ver à soie, dans un but spécial.

En effet, étant donnée la possibilité pour le mûrier blanc de croître dans le Nord (le climat de Paris pris comme moyenne de cette région), les avantages qu'offre sa culture pour de petites éducations de ver à soie faites en vue du grainage, ressortent de ce premier aperçu qu'une livre de cocons donne une once de graine, et que, pendant que le prix de la livre de cocons est de 2 francs dans nos départements séricicoles, l'once de graine vaut de 15 à 20 francs.

Cependant il faut tenir compte, dans la zone de Paris, de ce fait que la feuille du mûrier ne doit être cueillie sur les mêmes arbres que tous les deux ans, les ramilles qui se produisent en été après la cueillette de la feuille ne prenant pas, hors le cas rare d'années extraordinairement chaudes, un développement suffisant; incomplètement aoûtées, elles ne résistent que peu aux froids des hivers.

Mais, même en ne donnant de produit que tous les deux ans, le mûrier peut être avantageusement cultivé dans nos contrées du Nord pour le grainage; il suffit, pour s'en convaincre, de se reporter aux prix comparatifs de la livre de cocons et de l'once de graine.

Le Nord offre d'ailleurs, sur le Midi, les conditions favorables d'hygiène qui ne se retrouvent ici que dans les montagnes. Comme sur celles-ci, les éducations, faites en petit, échappent facilement aux maladies, ce qui n'a pas lieu dans les contrées méridionales de grande production. Il suffit pour cela d'observer les soins généraux de l'hygiène, étant d'ailleurs entendu que l'état des vers et des papillons sera vérifié par l'examen microscopique suivant la pratique de M. Pasteur.

Après avoir donné la description de la magnanerie salubre de Villecomble, il nous reste, pour bien faire comprendre les avantages des dispositions qui ont été prises, à développer la marche des opérations qui doivent y être faites.

On a dû compter que, sous l'influence du climat du département de la Seine, il arriverait souvent, surtout pour le service d'une grande magnanerie, qu'on serait obligé de récolter les feuilles trop humides, qu'il faudra les ramener au degré convenable sans retarder les travaux de l'éducation des vers à soie.

Cette opération se fera au rez-de-chaussée de la magnanerie, dans la pièce M (fig. 2286); les feuilles humides seront placées dans un long coffre en bois, sur des cadres garnis de filets et posés horizontalement à deux décimètres au-dessus du fond du coffre, les feuilles étant étendues à une épaisseur égale sur des cadres, et le couvercle du coffre étant fermé, on établira d'un bout du coffre à l'autre, et au moyen d'un grand tarare, un fort courant d'air, dont on pourra, au besoin, élever la température de quelques degrés. Cet air parcourra le coffre dans toute sa longueur, passera en dessous, en dessus des filets et entre toutes les feuilles, ramènera ces feuilles au degré de sécheresse convenable, et sera ensuite rejeté au dehors du bâtiment par une simple gaine en bois.

Quant à l'incubation des œufs de vers à soie, je pense qu'il n'y a rien à ajouter aux instructions données à ce sujet par Dandolo et Bonafous. Je ne m'occuperai pas non plus de ce qui a rapport au mode de nourriture des vers et aux soins qu'il faut avoir pendant toute la durée de leur existence; les deux auteurs que je viens de citer ont fait connaître les moyens les plus propres à assurer le succès des éducations d'après leur expérience et les meilleures théories. Mon but n'étant ici que d'indiquer comment on peut assainir une grande magnanerie.

La magnanerie de Villecomble est disposée de manière à pouvoir ne se servir que d'un quart de la grande salle au commencement de l'éducation; il suffira pour cela de séparer avec une forte toile, couverte de papier gris des deux côtés, la magnanerie en deux parties égales, et de boucher en haut et en bas les trous inégaux qui se trouveront à gauche du rideau de la toile. Cette toile placée dans toute la hauteur et la largeur de la pièce formera à droite un atelier complet sous le rapport de l'assainissement. Quand les vers à soie exigeront plus de place, en enlevant la toile qui forme mur de séparation, et en débouchant en bas et en haut tous les trous inégaux de la partie gauche de l'atelier, on doublera le cube de la magnanerie, sans nuire à l'assainissement du local, et sans avoir d'autres dispositions à faire pour en assurer la parfaite ventilation. En se servant de l'atelier fermé à gauche de cette toile, on triplerait l'espace employé pendant les premiers jours de l'éducation des vers à soie; on quadruplerait enfin le cube du premier atelier en enlevant le rideau de toile, et en formant ainsi une seule salle des deux moitiés du côté gauche du bâtiment.

Les dispositions dont je viens de parler seront très favorables au succès de l'entreprise, car elles procureront une économie notable sur la main-d'œuvre et sur la dépense en glace ou en combustible, et donneront, en outre, le moyen d'augmenter l'espace occupé par les vers à soie, dans le rapport de l'accroissement qu'ils prendront à partir de leur premier âge jusqu'à l'époque de leur montée; tel est l'avantage qui résulte de la séparation du grand bâtiment en deux magnaneries égales, et sous tous les rapports parfaitement semblables.

Je supposerai, maintenant, pour plus de clarté, une des deux magnaneries entièrement occupée; je vais dire comment ce travail de la ventilation doit s'y faire, et ce qui suit sera applicable en tout point à la seconde ma-

gnanerie formant le côté gauche du bâtiment, lorsque cette salle servira à l'éducation des vers à soie.

J'admets qu'on est bien d'accord sur le degré de chaleur, d'humidité et de ventilation qu'il faut entretenir constamment dans la magnanerie ; cela posé, voici comment j'opérerais :

Ayant attaché des thermomètres contre les carreaux de deux des portes vitrées de la chambre à air, et ayant placé symétriquement à 1 m,6 au-dessus du plancher de la magnanerie deux thermomètres et deux hygromètres pareils, je ferais du feu dans le calorifère *d*, si l'air extérieur était trop froid; je mettrais de la glace dans les caisses *r* (fig. 2285), si cet air était trop chaud, et je verserais enfin de l'eau dans ces caisses, ou dans quelques-unes d'elles, si l'air employé à la ventilation était trop sec. On conçoit que j'arriverais ainsi facilement, en pratique, à donner au courant ventilateur le degré de chaleur et d'humidité le plus convenable pour entretenir les vers à soie en bon état de santé, et pour les faire parvenir au plus grand développement possible.

Quant au degré de ventilation à donner à la magnanerie, le fait de l'existence de vers à soie à l'état naturel, sur les arbres et en plein air, à la Chine, prouve qu'ici on pourrait ne pas craindre d'outre-passer les limites nécessaires à l'assainissement de la salle ; mais il vaudra mieux ne faire que les atteindre, et il ne faudra que s'aider de l'odorat, pour arriver à ce but. Il suffira, en effet, de ne ventiler la magnanerie que de ce qu'il faudra pour que l'air ne s'y infecte pas vers le haut de la pièce, ce qu'on pourra reconnaître facilement, et à chaque instant, en se plaçant sur le plancher le plus élevé vers les derniers rangs de claies.

Les dispositions adoptées lors de la construction de la magnanerie de Villecomble donnent de grandes facilités pour y pouvoir toujours établir une forte ventilation.

On sait que, dans une pièce disposée de manière à ce que l'air entrant par le bas puisse sortir par des ouvertures égales percées vers le haut, il suffit, en plus, d'une différence d'un demi-degré centigrade entre la température de l'air de la pièce et celle de l'air extérieur, pour donner au courant ventilateur la vitesse nécessaire à l'assainissement de la salle, dans le cas où l'air trouve des ouvertures suffisantes pour y pénétrer et pour en sortir. On voit donc que, dans le climat du département de la Seine, on n'aura point de difficulté pour établir dans la magnanerie la ventilation convenable, qu'on aura très-rarement à y faire usage de glace pour refroidir l'air extérieur, et que par conséquent on n'y aura presque jamais à faire usage du tarare ou du fourneau d'appel, pour donner à la ventilation la direction ascensionnelle qu'il faut lui imprimer.

A Villecomble, il faudra presque toujours échauffer l'air extérieur avant de l'introduire dans la magnanerie, ce but sera facilement atteint au moyen du calorifère *d*. Dans ce cas, la ventilation s'établira d'elle-même, et on n'aura qu'à la régler.

Lorsque l'air extérieur sera assez chaud, on l'obligera à traverser la magnanerie en forçant la ventilation, soit au moyen du tarare *v*, soit en faisant usage du fourneau d'appel spécial, construit au bas de la grande cheminée, et lorsque cet air sera trop chaud on le refroidira au degré convenable au moyen de la glace, dans la chambre à air *b*, et on établira alors la ventilation, soit mécaniquement, au moyen du tarare *v*, soit par le feu, en se servant pour cela du fourneau d'appel spécial *z*. On voit que, sous ce rapport, le système de construction adopté ne laisse rien à désirer. Voyons maintenant comment on pourra n'établir dans la magnanerie que le degré de ventilation convenable.

Ici trois moyens permettent de bien régler la puissance de la ventilation : le premier et le plus simple consiste à ne donner aux chatières *o* que l'ouverture jugée nécessaire pour introduire dans la chambre le volume d'air convenable.

Le second moyen se trouve dans l'emploi raisonné de la tirette placée entre le tarare et la grande cheminée, et qui peut, à volonté, clore en tout ou en partie le passage *x* par lequel l'air vicié, sortant de la magnanerie, peut entrer dans la grande cheminée *u*.

L'emploi plus ou moins rapide du tarare *v* donne enfin un troisième moyen de régler convenablement la ventilation et sans le secours du feu.

Ces essais curieux et intéressants de production de la soie dans les régions du Nord n'ont duré qu'autant qu'ils ont été soutenus par des subventions de l'Etat. Ils ont montré qu'elle était parfaitement possible, mais non qu'elle était avantageuse.

Rendements. Voici les moyennes de rendement qui sont indiquées dans les différents mémoires de MM. Henri Bourdon, Gasparin et Camille Beauvais: 31 grammes de graine peuvent donner environ 25 à 68 kilogrammes de cocons, en consommant de 800 à 1,000 kilogrammes de feuilles de mûriers.

Les variations de rapport sont de 40 à 55 kilogrammes de cocons pour 1,000 kilogrammes de feuilles ; elles dépendent, comme nous l'avons dit, des années, des soins, de la qualité de feuilles et de l'échelle sur laquelle on opère. Le prix de la feuille varie également avec les mêmes circonstances, et suivant que l'éleveur la cultive ou l'achète. Dans ce dernier cas, les prix varient de 7 à 9 francs les 100 kilogrammes.

Quant à la dépense de main-d'œuvre nécessaire, elle est plus constante; elle peut cependant varier aussi avec l'importance de l'éducation. MM. Camille Beauvais et Brunet de Lagrange comptent qu'il faut 31 journées d'hommes pour une éducation de 31 grammes. M. Henri Bourdon compte 20 journées d'homme, 156 de femme et 30 d'enfant pour une éducation dix fois plus considérable, ou pour 310 grammes. On voit qu'il y a avantage, sous ce rapport, en faveur d'une grande production.

Recherches de M. Pasteur. Le choix, la bonté de la graine est la condition capitale d'une éducation, c'est ce qui a été amplement prouvé lors de la maladie des vers à soie qui a diminué et a un instant menacé de faire disparaître de notre pays la production de la soie, qui est pour le midi de la France une source de richesses.

A la suite d'un rapport de M. Dumas sur l'étendue du fléau en 1865, M. Pasteur, déjà célèbre par ses beaux travaux sur la fermentation, fut prié par le Ministre de l'agriculture d'aller étudier sur place les conditions, les causes du fléau dévastateur et de chercher le remède si désiré. Le savant directeur des études scientifiques à l'Ecole normale partit au mois de juin 1865 pour Alais, dans le département du Gard, le plus important de tous nos départements pour la culture du mûrier et celui où la maladie sévissait avec le plus d'intensité. De 1865 à 1869, il poursuivit sans relâche ses études, et, en 1870, il en publiait les résultats dans un ouvrage intitulé : *Études sur la maladie des vers à soie. Moyen pratique assuré de la combattre et d'en prévenir le retour.*

Nous ne pouvons ici reproduire les détails des travaux de M. Pasteur, nous nous contenterons d'en exposer les principaux traits.

Avant lui, la question avait déjà été étudiée par plusieurs savants français et étrangers, parmi lesquels nous citerons M. de Quatrefages. Mais aucun d'eux, il faut le reconnaître, n'était arrivé à la connaissance exacte du mal et surtout à celle du remède qu'il convenait d'y apporter. M. Pasteur, au contraire, en s'appuyant sur les travaux de ses devanciers, en discutant expérimentalement leurs conséquences, arriva à définir le fléau et à le ramener à deux causes principales. Le microscope, qui, dans ses études sur la fermentation, lui avait déjà

fourni de si fécondes méthodes d'investigation, devait encore être le principal instrument de ses recherches.

M. Pasteur affirme que toutes les misères de l'industrie séricicole doivent être attribuées à deux maladies distinctes, tantôt associées, tantôt isolées : la *pébrine* et la *flacherie*.

La pébrine, qui doit son nom à M. de Quatrefages, consistait surtout, suivant ce naturaliste, en une espèce de gangrène intérieure qui se révélait par l'apparition de taches à la surface de la peau. M. Pasteur a prouvé que l'existence de ces taches n'était qu'un des côtés accessoires de la maladie, qu'un ver malade était toujours taché, mais que les taches pouvaient exister sans qu'il y eût maladie. Le signe caractéristique de la pébrine est, d'après M. Pasteur, l'existence dans le corps de l'animal de corpuscules qu'on avait trouvés avant lui, mais dont il a défini la nature et le rôle.

La pébrine est excessivement contagieuse ; elle se propage d'un ver à l'autre, soit par les feuilles, soit par les piqûres que se font les vers en montant les uns sur les autres, soit par les poussières fraîches des magnaneries. M. Pasteur a fait à ce sujet les expériences les plus concluantes. Beaucoup de personnes avaient craint que cette contagion ne fût un obstacle insurmontable à la guérison du mal, puisque, selon elles, des vers provenant d'œufs parfaitement sains pourraient être atteints par la maladie et mourir avant d'avoir pu faire leur cocon. C'est là qu'est peut-être le plus important résultat des travaux de M. Pasteur : il a démontré d'une manière péremptoire qu'un œuf sain et exempt de corpuscules donnerait toujours un ver capable de filer son cocon : ce ver pourrait, dans le cours de son existence, être atteint par la pébrine, mais cette maladie ne ferait pas chez lui de progrès suffisants pour l'empêcher de filer sa soie. Tout revient donc à employer une *graine* saine, des œufs dépourvus de corpuscules. Cette induction à laquelle il avait été conduit dès le début de ses travaux fut vérifiée par les expériences les plus formelles. Il préleva, en 1866, quatorze échantillons de graines de diverses races faits à Saint-Hippolyte (Gard), et, après les avoir étudiés, il envoyait, en février 1867, à M. Jeanjean, maire de cette ville, un pli cacheté renfermant ses pronostics sur les résultats que l'on devrait obtenir avec ces quatorze graines. Ce pli ne fut ouvert qu'après l'éducation de 1867, et les prévisions de l'illustre chimiste se réalisèrent dans 12 cas sur 14 ; encore avait-il fait quelques réserves au sujet de ces deux cas exceptionnels.

Voici la méthode formulée par M. Pasteur pour le choix des graines que l'on doit seules employer à la reproduction des vers à soie :

Quand on a une chambrée qui n'a pas été atteinte par la pébrine et qu'on juge que les cocons sont bien formés, ce qui a lieu environ six jours après le commencement de la *montée*, on prélève, sans choix, sur les tables un demi à un kilogramme de cocons que l'on place dans une chambre chauffée, nuit et jour, à 25 ou 30 degrès Réaumur et entretenue à un certain degré d'humidité par un large vase plein d'eau placé sur le poêle ; on hâte ainsi le développement des papillons. Dès qu'ils commencent à sortir, on les broie, un à un, dans un mortier avec quelques gouttes d'eau ; on examine au microscope une goutte de la bouillie, et l'on note l'absence ou la présence des corpuscules, en indiquant, dans ce dernier cas, le nombre approximatif des corpuscules aperçus dans le champ de l'instrument. Si la proportion des papillons corpusculeux ne dépasse pas 10 pour 100 dans les races indigènes, on peut livrer au grainage toute la chambre d'où proviennent les papillons.

M. Pasteur préfère l'examen des papillons à celui des œufs, il le trouve plus sûr et plus facile pour l'expérimentateur.

Tels sont les principaux points de cette méthode d'investigation ; nous avons voulu seulement en exposer le principe, en montrer l'utilité et donner à ceux que cette question intéresse l'idée de lire et d'étudier attentivement le remarquable ouvrage de M. Pasteur.

Ajoutons cependant que le savant chimiste, frappé de ce fait que les ravages de la pébrine étaient bien moins terribles dans les départements de petite culture que dans ceux où l'éducation se faisait daus les plus grandes proportions, a pu attribuer le développement de la maladie à l'agglomération des vers à soie. Il conseille aux départements du Lot, de la Corrèze, du Tarn-et-Garonne, de l'Aude, des Pyrénées-Orientales, des Hautes et Basses-Alpes, de se livrer au grainage en opérant sur des œufs primitivement sains. Il pense que ces départements pourraient suffire à approvisionner toute la France. Il indique, du reste, dans son ouvrage une méthode d'éducation cellulaire qui consisterait, pour les départements de grande culture, à élever dans des compartiments séparés les vers destinés à l'entretien de l'espèce.

Quant à la flacherie, ou maladie des *morts-flats*, M. Pasteur la considère comme tout à fait distincte de la pébrine ; lorsque les vers en sont atteints, ils ne mangent plus ou très-peu, restent étendus sur le bord des claies et meurent bientôt. Leur corps noircit, se pourrit bien vite, exhale une odeur fétide et a l'aspect d'un boyau vide et plissé.

La flacherie est une maladie des organes digestifs provoquée par le développement de productions organisées, de vibrions, de ferments, qui y déterminent une véritable fermentation. Elle peut être accidentelle et provenir, ou bien d'une trop grande accumulation des vers aux divers âges de l'insecte, ou d'une trop grande élévation de température au moment des mues ; elle peut être héréditaire et avoir pour cause un affaiblissement général de l'espèce produit par la pébrine. L'examen de la poche stomacale des chrysalides permettra de reconnaître, par la présence des vibrions, celles dont les papillons donneront des œufs qui produiront plus tard des vers susceptibles d'être atteints de flacherie. M. Pasteur ajoute d'ailleurs que l'examen des vers au moment de la montée, leur agilité, leur état général, fourniront des données suffisamment sûres au point de vue de la flacherie et indiqueront si l'on doit ou non les employer au grainage. Il affirme qu'il est toujours possible de combattre la prédisposition d'une race à la maladie par des précautions hygiéniques bien comprises, et qu'enfin, par l'éducation cellulaire, on pourra régénérer facilement une race quelconque à l'aide de la plus mauvaise graine, que celle-ci soit atteinte de flacherie ou de pébrine.

Les recherches de M. Pasteur ont été couronnées de succès ; en Italie comme en France, les éducateurs soigneux, qui ont appris à se servir du microscope, obtiennent des résultats satisfaisants.

Tirage de la soie du cocon.

Le tirage de la soie a pour but de décoller et de remettre en liberté le fil continu que l'insecte, en formant son cocon, a replié autour de lui par couches successives agglutinées.

La finesse du double fil qui forme le brin élémentaire de la soie est telle qu'on en réunit toujours plusieurs pour former la soie grége produite par l'opération du tirage, qui est le fil le plus fin dont l'industrie des soieries fait usage : on tire la soie du cocon en développant le fil et en le dévidant dans des conditions spéciales que nous allons avoir à examiner. Avant de procéder à cette opération, il y a quelques précautions préliminaires à prendre.

Si, comme cela arrive souvent, on achète les cocons pour les filer, il faut avoir soin de bien examiner leur état de dessiccation, car on sait que la soie est un corps éminemment hygrométrique, et que les chrysalides peuvent être plus ou moins fraîches et avoir un poids plus ou moins grand.

Il faut aussi s'assurer qu'ils sont dans un bon état de conservation, et n'ont pas été attaqués par la moisissure. Il faut examiner en outre s'ils n'ont aucun des défauts que nous avons signalés en parlant de l'éducation. Avant de livrer les cocons aux ouvriers qui doivent les dévider, on a soin de les trier et de réunir ensemble ceux qui présentent les mêmes qualités. Pour opérer le tirage plus facilement, on enlève préalablement avec les doigts la partie duveteuse ou première bourre qui se trouve à la surface des cocons, c'est-à-dire la bourreuse ou le blaise. On met ensuite à part les cocons blancs ou *sina* produisant la soie la plus estimée ; les cocons *doubles* dont le dévidage est le plus difficile; les *chiques* qui contiennent de la soie tachée; les *pointus* qui menacent de se trouer par le bout; les *satinés* dont la contexture est molle.

On réserve les cocons de première qualité à faire de la soie organsin pour former les fils de chaînes. La qualité suivante sert pour la trame, et la moins bonne est destinée au poil.

L'opération du tirage de la soie est excessivement simple en apparence, mais elle a besoin, en réalité, plus qu'une autre peut-être, du concours de l'intelligence et du secours d'instruments parfaitement raisonnés, car les mêmes cocons peuvent donner des produits plus ou moins parfaits à des conditions plus ou moins avantageuses, suivant que l'opération du tirage aura été bien ou mal faite. L'opération ne peut avoir lieu que par l'intervention de l'eau chaude, qui a la propriété de décoller le fil replié et de le livrer au dévidage sans opposer de résistance. L'eau employée doit nécessairement être pure et limpide, de manière à n'avoir aucune action nuisible sur la matière soyeuse.

Les caractères qu'un fil de soie parfait doit présenter, sont ceux qu'on exige des fils en général.

Il doit donc être homogène, avoir le même diamètre sur toute sa longueur, et présenter une égale résistance et une élasticité parfaite sur tous les points de la longueur ; sa surface doit de plus être nette, lisse, brillante, autant que possible exempte de duvet.

L'opération du tirage doit réaliser ces conditions le plus économiquement possible, et rendre la soie sous une forme telle, que les dévidages ultérieurs qu'on est obligé de faire subir se fassent facilement et promptement avec le moins de déchet possible.

Les machines à tirer la soie des cocons ont été le but de bien des recherches depuis environ un siècle. L'Italie, surtout, qui trouve dans la production des cocons une de ses plus grandes ressources, s'est le plus ardemment préoccupée de ces recherches ; aussi les tours à tirer la soie employés en France, sont-ils encore aujourd'hui, sauf quelques modifications, les anciens tours employés en Piémont.

Ces machines se composent ordinairement : 1° d'une bassine à eau chaude pour contenir les cocons à dévider ; 2° d'une filière, pour livrer passage à un certain nombre de brins de cocons réunis qui forment le fil grége ; 3° d'un appareil croiseur pour mener le fil de manière à l'arrondir, à en comprimer l'humidité, et à faire bien adhérer les brins entre eux ; 4° d'un guide doué d'un mouvement alternatif, et qu'on nomme par cette raison le *va-et-vient ;* il a pour but de faire croiser le fil sur le dévidoir, afin qu'il ne se colle pas en revenant sur lui-même, et de faciliter le dévidage ultérieur ; 3° enfin l'asple ou dévidoir, doué d'un mouvement de rotation continu, et disposé pour recevoir la soie qui lui est amenée par le va-et-vient. L'ensemble de la machine se nomme un *tour*.

Tous les tours connus possèdent les différents éléments que nous venons de mentionner, ils ne diffèrent entre eux que par des modifications apportées, soit dans la manière d'imprimer le mouvement général à la machine, soit dans des changements de dispositions dans chaque organe. Nous allons étudier successivement les modifications les plus importantes. Un des tours les plus anciennement connus est le *tour piémontais*. Sur cette machine on forme deux écheveaux à la fois, en dévidant simultanément une quantité suffisante de cocons pour deux fils, qui se séparent à la sortie de la bassine comme nous le verrons bientôt. L'économie que présente cette méthode l'a fait généralement adopter depuis. Nous citerons les exceptions. Vaucanson avait apporté à cette machine un seul changement, qui consistait dans la manière de croiser les bouts ou fils à leur sortie de la bassine ; quoique le système de Vaucanson soit à peu près abandonné aujourd'hui, il en est cependant encore souvent question.

Les anciens règlements sur les fabriques, tant en Italie qu'en France, qui n'admettaient que la croisure simple, déterminaient le nombre de tours d'une bonne croisure, et le rapport de vitesse entre le mouvement de l'asple et celui du va-et-vient. Le nombre de tours pour la croisure simple était de 20 pour les fils les plus fins, et devait augmenter proportionnellement à leur grosseur, et le rapport entre la vitesse de l'asple et celle du va-et-vient était tel, que le fil d'un écheveau ne revenait au même point de l'asple qu'après 875 tours.

Avant d'indiquer les modifications principales qui ont été apportées au tour dont nous venons de parler, disons quelques mots de la marche générale du travail.

Pour commencer l'opération du tirage et arriver à saisir le fil continu, que l'on nomme bout ou fil grége, il faut enlever la bourre ou frison qui garnit la surface des cocons, et qui provient, comme nous l'avons vu, du canevas grossier que l'insecte commence à établir autour de lui pour se procurer des points d'appui et des parois convenables.

L'opération par laquelle on dégage le frison est ce qu'on nomme le battage, et celle par laquelle on l'enlève se nomme la purge. Il faut que la purge soit complète pour que tous les bouts rompus de la surface soient enlevés; mais pour éviter une perte réelle, il ne faut pas qu'elle soit poussée trop loin. On peut obtenir une quantité de bourre qui varie de 18 à 30 p. 100 du poids de la soie. La valeur de la bourre étant moindre que celle de la soie, la meilleure purge est nécessairement celle qui produit la plus petite quantité possible de bourre, sans diminuer la perfection de la soie grége, et qui en même temps dispose le cocon de manière qu'il puisse être facilement et complétement dévidé. Depuis quelque temps on a entrepris des études sérieuses sur cette partie du travail. Pour faire la purge, l'ouvrière plonge à l'avance une certaine quantité de cocons, ordinairement une poignée, dans une bassine d'eau bouillante. Elle les agite ensuite avec un balai en bouleau, en bruyère ou chiendent. Les cocons suffisamment agités, l'ouvrière retire son balai, puis elle saisit tous les brins que le balai a démêlés et les dispose sur les bords de la bassine.

Après la purge, la bourre est mise de côté pour être travaillée d'une manière spéciale, et l'on commence immédiatement le tirage des cocons dans l'eau des bassines, chauffée autant que possible, soit à feu nu, soit à la vapeur. Le battage, la purge et le tirage des cocons ayant lieu dans la même eau, elle se salit bientôt et a besoin d'être renouvelée pour qu'elle ne tache pas la soie ; il faut moyennement renouveler l'eau quatre fois par jour.

L'ouvrière assise devant les bassines recueille tous les brins des cocons ; elle en prend le nombre nécessaire pour former deux fils. Ce nombre varie depuis trois jusqu'à vingt, suivant la grosseur ou le titre qu'on doit donner à la soie grége.

On ne dépasse guère le dernier nombre, qui est lui-même rarement atteint.

La fileuse forme avec la quantité de brins nécessaire

deux fils qu'elle fait passer dans les filières du tour, puis elle croise les brins l'un sur l'autre; elle les dirige dans les guides du va-et-vient, et les porte enfin sur l'asple. Si la jonction des fils se fait irrégulièrement, il en résulte une inégalité qu'on nomme *bouchon*.

Si l'un des fils vient à casser, il se colle à l'autre forme une solution de continuité qu'on nomme *mariage*; il faut alors arrêter l'opération, enlever le mariage, rattacher les fils, les croiser et les mettre en un mot dans la position qu'ils occupaient avant la rupture.

Le passage des fils à travers les filières et la croisure sont indispensables pour établir leur adhérence parfaite, pour les arrondir, et leur donner une surface aussi lisse, aussi unie et une grosseur aussi égale que possible. Une forme ou disposition incommode des filières rendrait la réunion des brins difficile, et pourrait occasionner des inégalités ou bouchons dans le fil. La matière gommeuse et collante de la soie ayant été ramollie par l'eau chaude, les fils gréges se colleraient sur l'asple, si le va-et-vient ne leur laissait le temps de se refroidir et de se sécher, et si on ne les croisait comme nous l'avons dit. Une torsion insuffisante n'arrondirait pas le fil et ne le sècherait pas suffisamment. Une trop grande torsion diminuerait sa force et son éclat.

Le mouvement de va-et-vient doit donc être combiné par rapport à celui de l'asple, de telle manière que le fil y arrive à peu près sec, et que l'entrelacement des différentes couches de l'écheveau se prête facilement au dévidage ultérieur sans occasionner de déchets.

Les moyens que nous venons d'indiquer, employés pour obtenir l'égale grosseur des fils sur toute leur longueur, ne suffiraient pas, si on se bornait à procéder successivement et séparément au dévidage de chaque quantité de cocons; car les brins des cocons allant en augmentant de finesse, à partir de la surface au centre, dans un rapport moyen d'un à quatre, il est évident que, à la fin du dévidage, on obtiendrait un fil sensiblement plus fin qu'au commencement, ce qui serait un défaut. Pour éviter cet inconvénient, l'ouvrière ajoute successivement un nouveau cocon pendant le travail, de manière à échelonner l'époque de l'épuisement de chaque cocon, et à renouveler graduellement ainsi la quantité de cocons nécessaires à un seul fil, ce qui maintient la régularité de grosseur du fil.

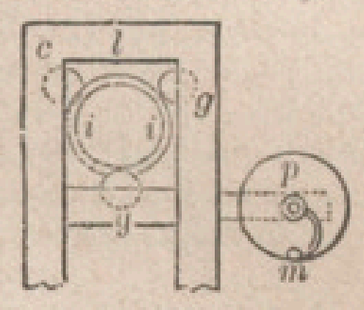
Quel que soit le soin qu'on ait apporté à la construction de ces différentes parties de la machine, il faut, en outre, que le tour soit dirigé par une ouvrière habile et intelligente pour obtenir un travail satisfaisant. C'est presque un axiome de l'industrie séricicole, que la fileuse est tout et l'instrument peu de chose; une ouvrière habile fera mieux avec un tour imparfait qu'une fileuse médiocre avec un tour excellent.

Quelquefois une seule ouvrière tourne la manivelle et surveille le travail, mais généralement l'impulsion est donnée au tour par un enfant ou une femme. L'attention de la fileuse est complétement concentrée sur les cocons de la bassine.

Les défauts les plus ordinaires qui se présentent, dans une soie grége imparfaite, sont les inégalités de grosseur ou bouchons produits par l'adjonction mal faite d'un brin. Les mariages ou enchevêtrements des fils des deux écheveaux séparés; les taches, les inégalités de couleur, les inégalités d'adhérence et de solidité provenant d'une croisure mal faite, et qu'on nomme *mort volant;* les bouts rompus ou solutions de continuité dans les fils.

Les collures ou adhérences des fils qui partent sur certaines parties de l'asple, et que l'on considère généralement comme nécessaires pour conserver la forme de l'écheveau et faciliter son dévidage, seraient également des défauts si elles étaient trop fortes et dépassaient le degré strictement utile.

Tous les efforts tentés jusqu'ici ont eu pour but la construction d'un tour évitant les défauts que nous venons de signaler et facilitant le travail de l'ouvrière. En employant le système de croisure de Vaucanson, on obtenait généralement des fils gréges plus ronds, plus nerveux au toucher et plus secs à leur arrivée sur le dévidoir, mais le fil était plus fatigué que par la croisure unique, et le mécanisme employé se dérangeait souvent.



2287.

La fig. 2287 peut faire comprendre le mécanisme croiseur imaginé par Vaucanson qui substituait la double à la simple croisure. En effet, après avoir croisé les fils destinés aux deux écheveaux à la sortie de la bassine, on le fait passer ensuite dans des barbins *i i*, placés dans l'intérieur d'une lunette *l*, ou poulie à gorge qui peut tourner dans un cadre en bois *c*. Ce mouvement est facilité par les galets *g*, et imprimé par une courroie passant de la poulie *l*, à la partie *p*. Celle-ci est armée d'une manivelle *m*, que l'ouvrier tourne à la main en comptant les tours.

Le mode de transmission de mouvement qui avait été adopté pour le tour, a été modifié et amélioré. Mais le système de la double croisure est resté; on en fait encore quelquefois usage, quoiqu'il ne soit pas complétement à l'abri de reproches, comme nous venons de le voir.

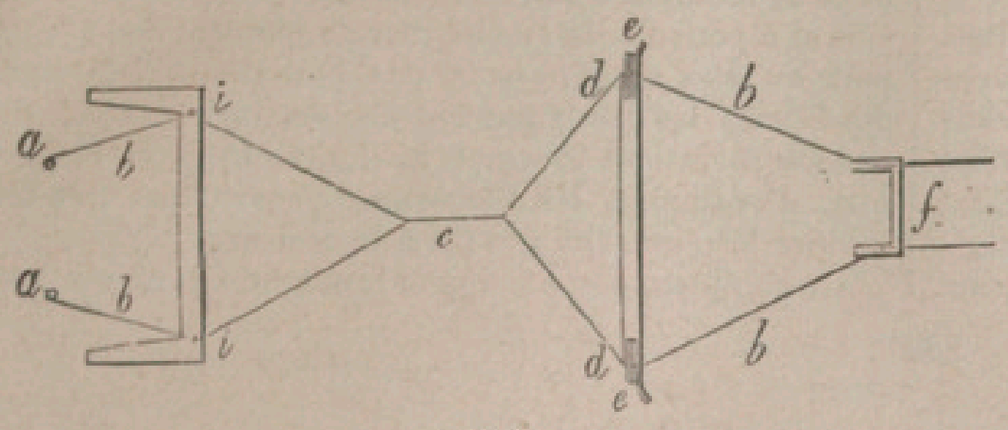
L'effet de la croisure est nécessairement proportionnel au nombre des révolutions que l'on fait faire aux fils en les croisant, et la régularité des fils dépend de la longueur constante de la croisure, et par conséquent du nombre des révolutions que les fils font l'un autour de l'autre. Dans le mécanisme de Vaucanson, ce nombre de révolutions dépendait de celui que la fileuse imprimait à une manivelle. Il était par conséquent exposé à des variations. MM. Villard et Taberin ont, chacun de leur côté, proposé, pour éviter cette cause d'irrégularité, des moyens qui ont été remplacés par des moyens perfectionnés.

On a surtout cherché à remédier à l'effet des mariages, qui constituent un des défauts les plus graves que la soie pourrait présenter. Comme il nous serait impossible de citer les nombreuses tentatives faites dans ce but, nous allons signaler quelques moyens employés qui ont paru les plus simples et les plus efficaces.

Lorsqu'un mariage a lieu, si la fileuse ne s'en aperçoit pas, le défaut reste dans la soie; si elle s'en aperçoit, elle ne peut l'enlever qu'en faisant revenir l'asple sur lui-même, car sa vitesse acquise ne permet pas de l'arrêter instantanément. Le résultat de cet accident est donc souvent un défaut persistant, et cause en tous cas une perte de temps. Les différents mécanismes proposés pour obvier à cet inconvénient ont toujours pour but d'empêcher la formation des mariages, ou de les couper et de faciliter le rajustement du fil : ils ont par conséquent reçu les noms de *coupe* ou *purge-mariage*.

Coupe-mariage. Un des coupe-mariage les plus simples et dont la disposition est indépendante de la construction du tour, consiste en deux cylindres en verre placés entre la croisure et le va-et-vient. Ces cylindres ont entre eux un intervalle suffisant pour laisser passer librement un fil uni, tel qu'il doit être régulièrement produit, mais trop étroit pour laisser passage à un tourillon ou un mariage. Ce contact de la soie humide contre les cylindres empêche les fils de glisser et d'aller plus loin. La fileuse arrête alors le tour et rajuste les fils. La

fig. 2288 indique la marche générale des fils, de la bassine au va-et-vient. *a*, *a*, figurent les cocons ; *b*, *b*, les fils ; *i*, *i*, les filières ; *c*, la croisure ou croisade ; *d*, *d*, les barbins déterminant l'écartement du fil de soie. Le se-



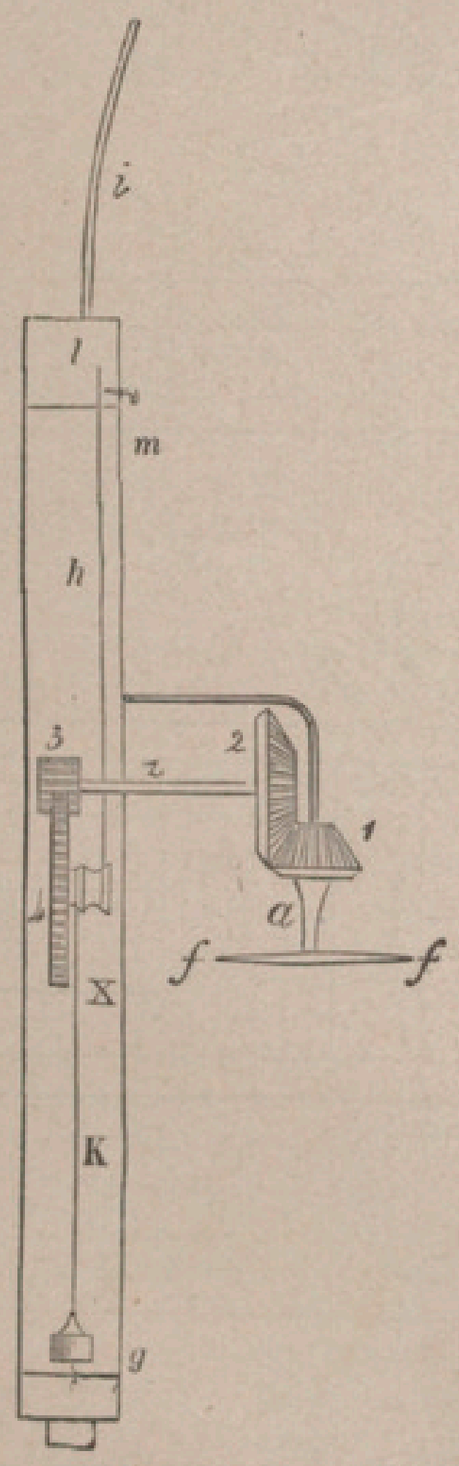
2288.

cond cylindre *e e*, est nommé purgeoir, et *f*, indique le va-et-vient. Cet appareil a été imaginé par MM. Lacombe et Barrois, filateurs de soie à Alais.

Beaucoup d'autres tentatives ont été faites, mais nous nous bornerons à citer et à décrire les tours qui paraissent jouir de la plus grande faveur dans l'industrie séricicole. Parmi ceux-là on indique souvent le tour de M. Bourcier de Lyon.

La modification essentielle de ce tour consiste dans la construction du croiseur mécanique, que nous nous bornons par conséquent à décrire (1). Jusqu'ici, malgré toutes les tentatives faites, on était toujours obligé de croiser les bouts à la main, ce que l'on regardait comme une cause d'irrégularité.

Cette croisure est faite avant de commencer le travail sur le petit mécanisme appelé croiseur que l'on voit en X et dont la fig. 2289 donne une vue de côté. Ce croiseur X est formé d'un fuseau *ff*, aux extrémités duquel se fixent les deux fils à croiser. Ce fuseau est porté par un axe *a*, sur lequel sont montés les deux pignons d'angles 1 et 2. L'axe horizontal du pignon 2 reçoit à l'autre extrémité une autre paire de roues d'angles 3 et 4 sur une double gorge extérieure recevant la ficelle *h*, terminée par un bouton *l*, et la ficelle K ; *g*, est un petit contre-poids attaché à la corde K.



2289.

L'ensemble de ce système est enveloppé par la boîte X qui est surmontée d'une tige d'écartement flexible *i*, disposée en forme de T et dont chaque extrémité porte une petite roulette *y*.

(1) La nature de cette publication nous force de tronquer nos descriptions qu'on retrouvera complètes dans l'*Essai sur l'industrie des matières textiles* (chez M Mathias, libraire).

Pour opérer la croisure, il suffit de fixer les fils aux extrémités de la fusée *ff*, et de la faire tourner pour lui imprimer le mouvement de rotation ; l'ouvrière tire sur le bouton *l*, jusqu'à ce qu'il soit arrivé au point de repère *m*, qui limite la course, puis elle lâche la corde, et le petit poids en descendant fait tourner l'axe *a*, et par suite la fusée d'une quantité proportionnelle. On voit qu'il n'y a rien de plus facile que de faire varier cette quantité.

Lorsque la croisure est faite, on casse les fils pour les détacher du croiseur et les porter sur le tour. On les applique sur des roulettes d'écartement. On les fait passer, en les faisant croiser une seule fois, pour les maintenir suffisamment rapprochés, dans les guides du va-et-vient qui se trouvent à la partie supérieure du tour et qui dirigent les fils sur l'asple. Comme les guides ont entre eux un espace plus grand que la largeur de l'asple, et que les fils ne peuvent être maintenus dans cette largeur que par la dernière croisure dont nous venons de parler, dès qu'un fil casse, cette croisure disparaît, les fils se trouvent alors séparés d'une quantité plus grande que la largeur du dévidoir, et le fil rompu au lieu de se rouler sur l'asple tombe sur le prolongement de l'axe, et avertit ainsi l'ouvrière de l'accident.

On reproche à ce système les dérangements fréquents que présentent les petites cordes du croiseur.

M. Robinet, qui s'occupe avec tant de zèle et de succès des questions de l'industrie séricicole, a étudié sous un point de vue nouveau les différentes questions qui se rattachent au tirage des cocons. Il a cherché à se rendre compte de l'influence que pouvaient avoir sur la soie les différents modes de croisures, les vitesses variables des tours, le rapprochement plus ou moins grand entre les filières et la bassine contenant l'eau chaude, et il est arrivé aux conséquences suivantes :

1° Dans la filature, la soie éprouve un allongement proportionnel à la résistance qu'elle doit subir pour arriver sur l'asple ;

2° Cet allongement est d'autant plus grand que les causes qui le produisent agissent plus près de la bassine ;

3° La vitesse imprimée à la marche de la soie contribue pour beaucoup à son allongement ;

4° Le ralentissement au contraire paralyse en grande partie l'action des frottements ;

5° L'espèce de frottement qui agit le plus est celui que produit la croisure ;

6° La soie qui n'éprouve aucun, ou presque aucun frottement, a un titre qui n'est que la multiplication du titre de la base ou brin simple du cocon dont elle est extraite ;

7° Au contraire, la soie qui a éprouvé des frottements, et par suite une extension plus ou moins considérable, a un titre qui peut être d'un quart moins fort que celui des cocons dont elle a été formée.

M. Robinet a trouvé en outre que la simple croisure présentait plus d'avantages que la double, que la première conserve à la soie plus de solidité, diminue considérablement les chances de mariages et de ruptures, et permet d'obtenir un titre donné avec un moins grand nombre de cocons. Ce qui réduit aussi les chances d'irrégularité, c'est qu'elle ménage davantage le brillant de la matière. La croisure simple doit donc être généralement préférée d'après l'expérimentation.

M. Robinet, avec tous les bons esprits, s'est occupé de l'importante question du battage des cocons sur laquelle il a publié une instruction détaillée. Tous les filateurs qui travaillent au chauffage à la vapeur pourront consulter avec fruit ce petit mémoire, et celui de M. Ferrier sur le même sujet. M. Ferrier a accompagné sa description d'une série d'excellents dessins indiquant les

différentes manipulations que l'ouvrière doit exécuter pour mettre le travail en train à partir du battage jusqu'à ce que le tour soit en mouvement.

A la suite de ses recherches M. Robinet a été conduit à construire un tour qu'il a composé de ceux des éléments qui lui ont paru les meilleurs dans les tours usités. Il y a ajouté un mécanisme ingénieux de son invention pour opérer la croisure. Nous allons donner la description de cette machine telle qu'elle fonctionne chez l'auteur qui a bien voulu la mettre à notre disposition.

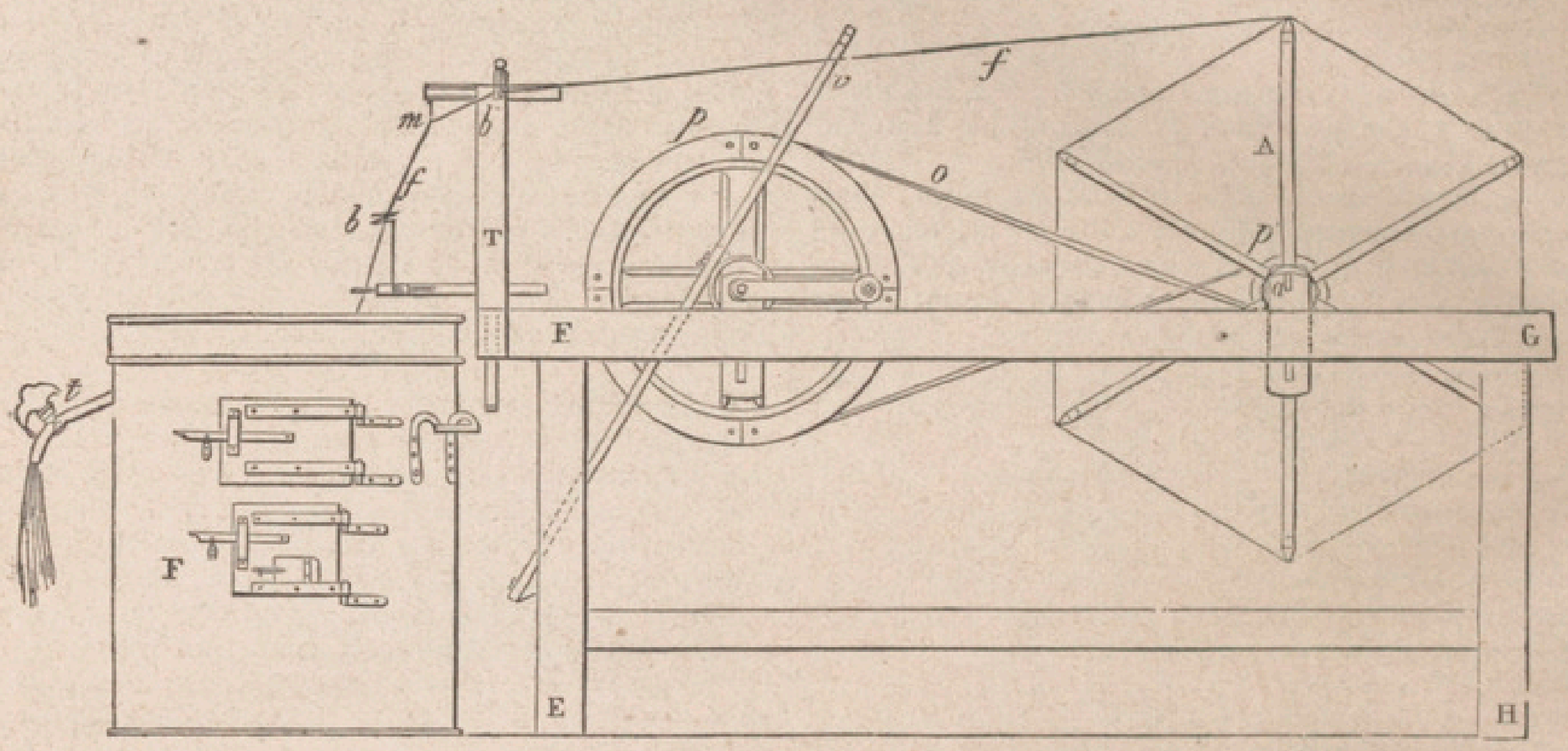
La fig. 2290 est un plan de la machine; et la fig. 2291 une élévation de la machine et du fourneau.

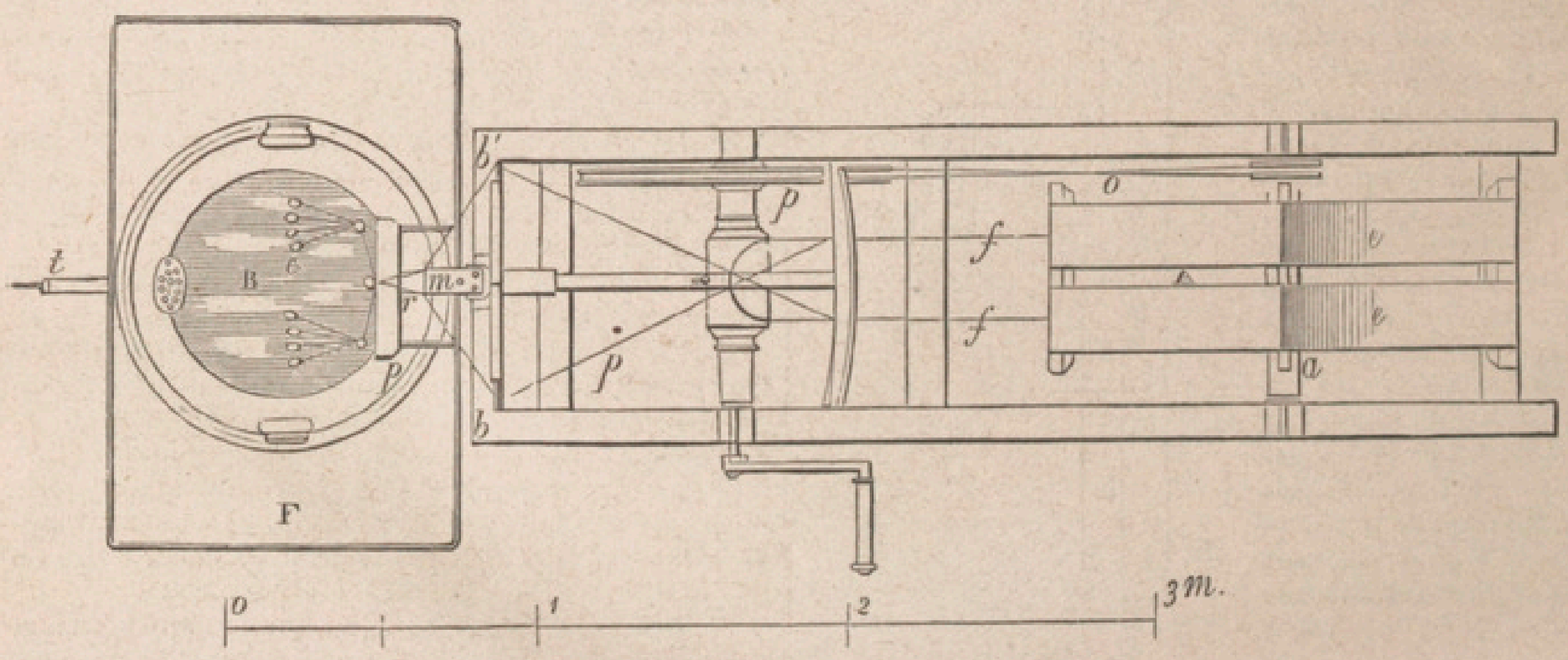
points d'appui des différentes parties sont établis sur le bâti général en bois E F G H.

Au-dessus de la bassine se trouvent les filières *i*, *i*, qui sont en agate. M. Robinet a eu l'idée de les rendre mobiles de manière à faire varier leur distance de la bassine et à pouvoir les en éloigner au moment de la battue pour qu'elles ne gênassent pas l'ouvrière. A la sortie des filières les brins passent croisés dans un conduit *b*, qui les maintient et empêche les vibrations, qui font que, d'ordinaire, les fileuses ne peuvent pas très bien vérifier la régularité des fils à la croisure.

Un compteur sert à indiquer le nombre des révolutions.

2291.





2290.

L'ensemble de la machine n'offre rien de particulier, si ce n'est qu'elle occupe peu de place, et qu'elle a peu d'élévation, afin que de jeunes filles puissent y être facilement employées.

F est la masse du fourneau qui reçoit une bassine évasée en cuivre étamé B, qui est garnie du petit robinet *t* pour la vider. A la suite du fourneau sont disposées comme à l'ordinaire les différentes pièces qui composent un tour à tirer la soie des cocons, c'est-à-dire les *filières*, le *croiseur*, un *brise-mariage*, le *va-et-vient*, l'*asple* ou *guindre*, et les commandes nécessaires pour imprimer le mouvement aux différents organes. Les

M. Robinet a appliqué à son tour, que nous avons déjà décrit, le *brise-mariage* de M. Chambon, qui consiste en deux tubes de verre qui sont représentés en *b*, *b'*. La tringle ou tige *v* du va-et-vient reçoit son mouvement par l'arbre *a* qui porte la manivelle, faisant en même temps mouvoir la poulie *p*. Cet arbre a une partie renflée au milieu, dans laquelle on a pratiqué une coulisse ou rainure en courbe d'une forme telle, que la tige du va-et-vient y étant engagée pendant que l'arbre *a* tourne, cette tige est forcée de prendre alors un mouvement de va-et-vient régulier.

C'est le même arbre *a* qui transmet le mouvement au

guindre, par le moyen de la corde croisée o, qui passe de la poulie p sur la poulie p', disposée sur l'axe du guindre A, qui a ses points d'appui de chaque côté dans le bâti E F G H.

M. Robinet a calculé avec le plus grand soin les dispositions relatives de chacune des pièces. Pour que le travail pût être exécuté dans les conditions les plus favorables, il a rapproché la manivelle motrice de la bassine, afin que la surveillance fût plus facile.

Nous avons vu manœuvrer cet appareil, qui fonctionne très légèrement, et qui doit être d'un entretien à peu près nul. Son rendement, tant sous le rapport de la quantité de soie que sous le rapport de la qualité, ne peut être qu'avantageux, si on apporte à son emploi tous les soins, les connaissances, que son auteur recommande, et qu'il possède à un si haut degré.

Mode de chauffage des tours. Jusque vers l'année 1810, l'eau des bassines était chauffée exclusivement à feu nu. Les bassines étaient placées sur un foyer direct, comme une chaudière de teinture ou toute autre. La tourneuse, ouvrière qui donnait le mouvement à l'asple, était chargée d'entretenir constamment le feu. Ce mode de chauffage, qui est encore appliqué dans les petites exploitations du Midi, présente plusieurs inconvénients. Il occasionne une dépense de combustible assez forte, exige beaucoup de place, et expose la pureté de la soie à être altérée par les émanations du combustible.

C'est pour parer à tous ces inconvénients que M. Gensoul eut l'idée d'appliquer la vapeur au chauffage de l'eau des bassines. Cette idée, si simple et si rationnelle, donna une véritable célébrité à son nom, et causa une heureuse transformation dans l'industrie séricicole. Un générateur unique est chargé d'alimenter de vapeur toutes les bassines qui contiennent l'eau à chauffer. Ce générateur et son foyer sont ordinairement séparés de l'atelier du filage, et l'alimentation se fait par des tuyaux et des robinets convenablement disposés.

Le système de M. Gensoul étant bien connu, et ne présentant d'ailleurs rien de particulier qui n'existe dans tous les appareils de chauffage des liquides par la vapeur, nous croyons pouvoir nous dispenser d'en donner une description plus détaillée.

Force motrice. Une autre innovation consiste dans la substitution de la force motrice de l'eau ou de la vapeur à celle de l'ouvrière pour mouvoir les tours. Quand on en a un grand nombre à faire marcher, et qu'on a un cours d'eau ou une machine à vapeur à sa disposition, rien de plus facile alors que de commander autant de tours que l'emplacement le permet avec un seul arbre. Il suffit de jeter une courroie de la poulie du moteur à une poulie placée sur l'extrémité des guindres, en établissant les rapports convenables entre ces deux poulies, pour obtenir la vitesse voulue, qui ne doit pas être trop grande, afin que les ouvrières aient le temps suffisant pour suivre parfaitement les fils. Le choix du moteur sera déterminé d'après les considérations ordinaires. On devra seulement considérer que pour le tirage des cocons, le moteur ne devra servir qu'une partie de l'année, le moins longtemps possible, car l'expérience a prouvé que pour ce système de filage, le plus répandu actuellement, il y avait grand avantage pour la qualité et le rendement de la soie à dévider les cocons les plus frais possible.

Tour Locatelli Nous avons réservé en dernier lieu la description du tour de M. Locatelli, non parce que sa machine est précisément la plus récemment connue, mais parce qu'elle nous a paru réunir toutes les conditions désirables pour une machine parfaite de ce genre, une construction solide, légère, parfaitement raisonnée, et, en un mot, à la hauteur des connaissances mécaniques de notre époque.

M. Locatelli a pensé qu'il serait bon, pour une matière aussi précieuse que la soie, de construire une machine au moyen de laquelle on pourrait opérer plus régulièrement bien, et indépendamment de l'habileté de l'ouvrière. Il a eu l'ambition de doter l'industrie séricicole d'un appareil au moyen duquel on parviendrait à travailler la soie avec la perfection, l'économie et la facilité que présente aujourd'hui le travail de nos autres matières textiles.

Jusqu'à quel point M. Locatelli a-t-il réussi ? c'est ce que la description suivante va nous permettre de décider en partie.

Le tour de M. Locatelli est représenté en plan figure 2292, en élévation fig. 2293.

Les principales parties qui constituent un tour se retrouvent dans celui-ci. Il a été disposé originairement pour le filage d'un seul écheveau à la fois. Nous allons mentionner succinctement chacune de ces parties, sur lesquelles nous reviendrons ensuite avec quelques détails. Elles occupent les mêmes places relatives que dans la plupart des appareils semblables. En avant de la machine on remarque la bassine S, au-dessus de laquelle est disposée la filière F. Entre la bassine et l'asple est placé un montant vertical *t'*, qui supporte la bobine N en porcelaine et le petit cylindre en verre, entre lesquels la croisure doit être opérée. Au pied du montant se trouve le guide-fil ou va-et-vient *c*, qui reçoit son impulsion par une commande convenablement disposée sur l'axe de l'asple A, auquel l'impulsion est donnée au moyen de la manivelle *m*, mue par une pédale P. On voit que cette dernière disposition est celle adoptée pour un rouet ordinaire. L'asple tourne à sa partie inférieure dans une caisse creuse C D E F. Tout le système est supporté sur des pieds B B, B' B', convenablement disposés et solidement assemblés.

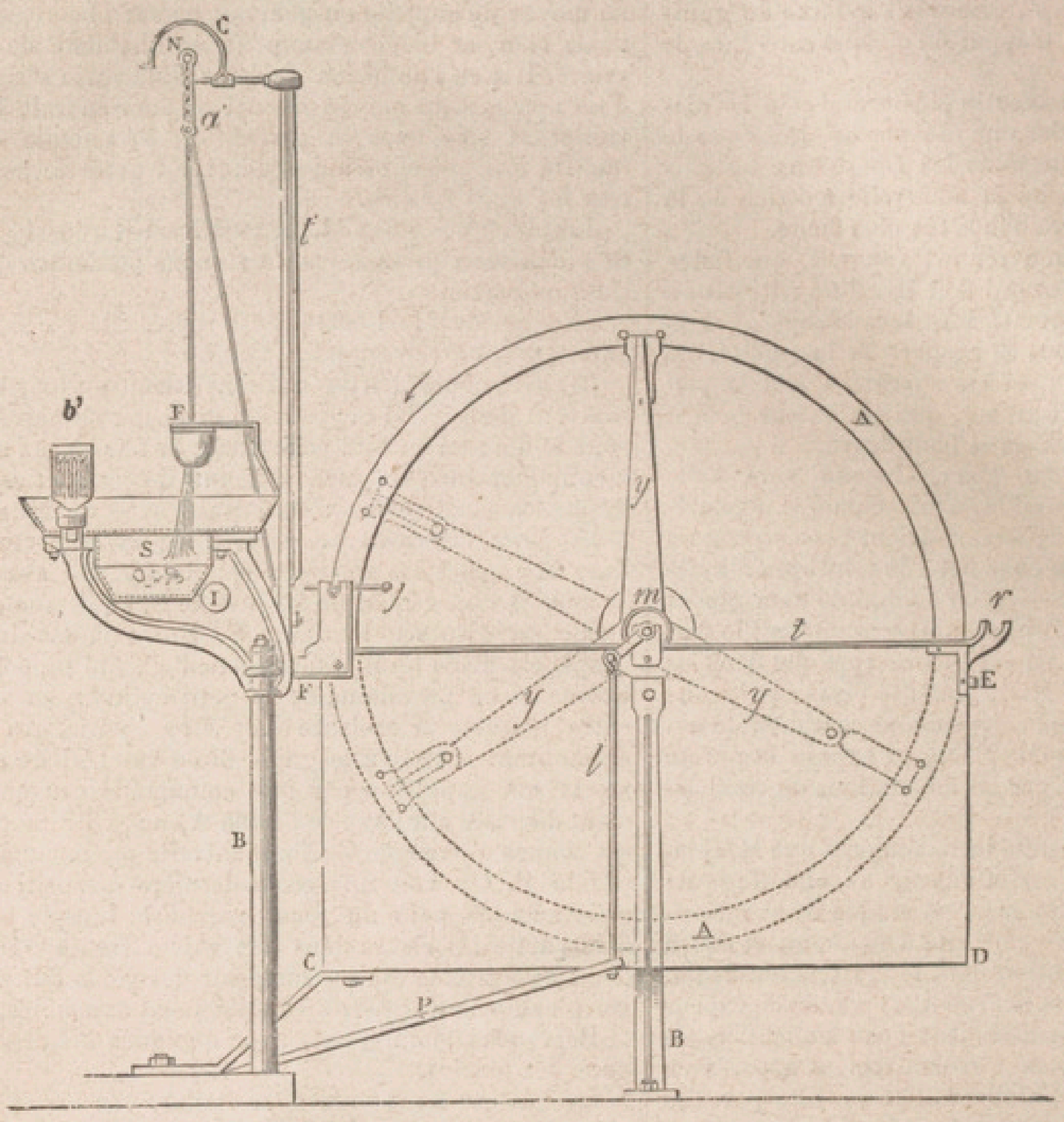
Reprenons maintenant, avec quelques détails, chacune des parties.

La bassine S est en cuivre étamé : elle reçoit l'eau chaude par le tuyau I, disposé à sa partie inférieure. La brosse *b'*, fixée dans un anneau de la paroi extérieure de la bassine, sert d'essuie-main pour enlever le frison qui pourrait s'attacher aux doigts de la fileuse pendant le travail. La construction de la filière F que l'on voit au-dessus de la bassine, est toute particulière et sans analogie avec celle que nous avions vue jusqu'ici.

La filière est formée par deux parties, par la courbe concave *z* et par la filière proprement dite *u* (fig. 2294). La courbe *z* sert à disposer le cocon, qui glisse dans la bassine pendant que l'ouvrière retient le brin libre pour le faire passer dans la filière.

Dans le rebord *d* de cette courbe est pratiquée une fente creuse qui établit un petit intervalle entre ce rebord et une plaque en cuivre *p'*, assemblée par dessus comme l'indique la fig. 2294 ; sur cette plaque est percé un orifice ou fente conique. Dans l'épaisseur du rebord de la courbe *z*, se trouve une rainure qui reçoit une lame mince tranchante *u*, indiquée en détail fig. 2295 et 2296. Cette lame ne touche le rebord *p'* qu'à l'orifice de la filière. Enfin, au-dessus de la plaque *p'* et de la filière est disposé un barbin en verre *b'*. On a déjà compris le but de chacune de ces parties. Pour ajouter un brin, la fileuse jette dans la courbe ou espèce de cuillère *z*, le cocon qui se rend dans la bassine, pendant que la fileuse retient dans la main l'extrémité libre du brin qu'elle amène dans la filière F, et tout naturellement autour du barbin *b'*. La partie du brin que l'ouvrière tient à la main se trouve coupée avec une grande netteté par le petit couteau *u*, et le brin est entraîné autour du barbin *b'* par le fil montant, qui n'est jamais exposé à être altéré par un bouchon. Cette addition des nouveaux cocons, et la partie de l'opération que nous venons de décrire, est si rapidement exécutée, qu'il est impossible de la suivre et de comprendre comment

2293.

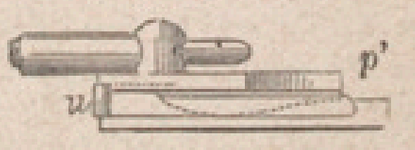


2292.

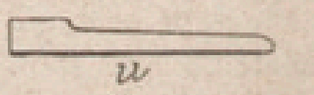
elle a lieu, si on n'examine les pièces de la filière démontée.

Croisure. La croisure est formée bout sur bout à la sortie de la filière, après que le fil a fait une demi-révolution autour du barbin en verre *b'*. Il se dirige verticalement pour se croiser entre le petit cylindre en verre *a'* et la bobine en porcelaine N, et redescendre ensuite dans le guide du va et-vient *c*. La bobine est recouverte d'un chapeau en cuivre *c* pour préserver la fileuse du jaillissement de l'eau. La croisure est exécutée à la main par la fileuse qui donne au bout 4 révolutions pour un fil de 4 à 5 cocons et qui augmente proportionnellement le nombre des tours avec la quantité de cocons qui doit composer le brin. Cette croisure d'un bout sur lui-même évite le défaut grave du mariage, sans présenter les inconvénients qu'on rencontre dans le travail à la tavelle. Les guides *g* du va-et-vient sont formés par l'assemblage de deux petites règles *i*, *i*, en cuivre, recourbées en retour d'équerre. L'assemblage des règles est fait de manière à réserver de I en *h* un intervalle seulement suffisant pour recevoir et guider le fil.

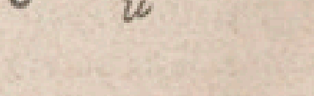
On imprime le mouvement alternatif à la tige *g* du guide par la tringle *t* de l'excentrique V, qui oscille autour de l'articulation *o* supportant le bras *o'* sur lequel glisse la tige *q'*. L'excentrique V est placé sur un axe qui reçoit son mouvement des petites roues 1 et 2 commandées par l'arbre de l'asple. L'inventeur a calculé les mouvements de l'asple et du va-et-vient, de manière à ce qu'une des courses de celui ci correspondît à 2/3 et une fraction de révolution du tour, et que le fil de l'écheveau se disposât en zigzag, comme on le voit fig. 2297.



2294.



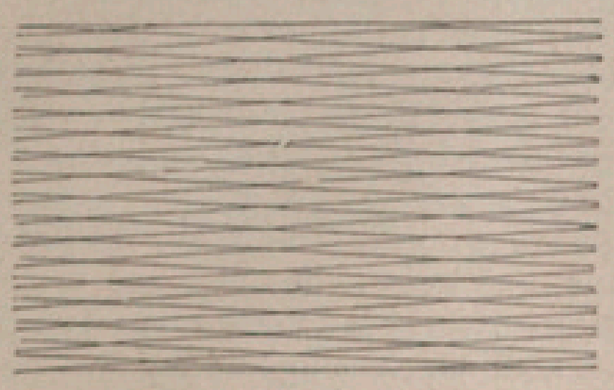
2295.



2296.

Il résulte de cette disposition que les fils d'un écheveau, après avoir été enlevés du tour, ne sont pas tendus, puisque la longueur du fil pour un tour de l'asple est plus grande que celle de la circonférence développée de ce dernier. On retrouve alors les bouts des brins

avec beaucoup plus de facilité. Le système ordinaire ne présente pas cet avantage, parce que la longueur développée d'un tour du fil est à peu près la même que celle de l'asple.



2297.

Le rapport des mouvements de l'asple et du va-et-vient est tel que le bout ne peut revenir occuper le même point sur l'asple qu'après un très grand nombre de révolutions. On a trouvé, en calculant, le chiffre de révolutions de 70.000. Si donc on a commencé le dévidage en un point quelconque du dévidoir, x' par exemple, le fil ne pourra revenir à ce point qu'après 70.000 tours environ de l'asple autour de son axe. Par ces combinaisons le collage du fil replié sur lui-même autour de l'asple est impossible, et l'écheveau est disposé sous la forme d'un réseau parfait, ce qui permet au dévidage de se faire très régulièrement. En résumé ce système diminue les chances de ruptures, remédie aux inconvénients du collage et rend presque nuls les déchets du dévidage.

La forme affectée par les écheveaux provenant des tours Locatelli est très remarquable et suffit pour les faire reconnaître.

Le dévidoir ou asple D est construit par deux cercles en fer étamé *e* qui sont assemblés parallèlement entre eux à une distance égale à la largeur de l'écheveau à former. 16 palettes en cuivre, fixées à distance égale sur la circonférence entre les deux cercles, forment l'assemblage, et les deux cercles sont réunis en trois parties autour d'un croisillon à trois bras *y*. Deux segments des cercles sont assemblés à charnière. Cet assemblage a pour but de pouvoir diminuer le développement des circonférences lorsqu'il faut enlever l'écheveau. A cet effet on a disposé une vis qu'il suffit de desserrer pour que la moindre pression fasse rentrer une portion du cercle, et diminue le développement de la circonférence. Les jonctions à charnières des autres parties de la jante se prêtent à ce mouvement en s'ouvrant. On enlève alors l'écheveau à volonté, après avoir placé l'asple sur la courbe r, destinée à lui servir de point d'appui.

Battage et purge des cocons. M. Locatelli attache la plus grande importance au battage des cocons; l'expérience et ses investigations lui ont indiqué que, pour arriver à une purge parfaite avec le moins de déchet possible, il fallait : 1° plonger les cocons un temps déterminé et assez court dans de l'eau dont toute la masse soit en ébullition; 2° abaisser ensuite brusquement, jusqu'à 65° environ, la température de l'eau par l'arrivée d'un jet d'eau froide; 3° battre les cocons à cette température ou plutôt les arroser seulement avec beaucoup de ménagement.

La présence de l'eau bouillante dans le premier moment décolle les brins du frison; la contraction qui s'opère dans le cocon par suite de l'abaissement subit de la température, empêche le maître brin de se décoller, de se mêler et de s'ébouler, ce qui occasionnerait des difficultés et plus de déchets au tirage. Cette espèce de contraction présente de plus l'avantage d'opposer à l'eau une paroi en quelque sorte imperméable, et de préserver ainsi la chrysalide du ramollissement qui serait un inconvénient grave puisqu'il pourrait en résulter une altération de la soie et une diminution dans le rendement. Les précautions à prendre pour l'action mécanique du battage s'expliquent d'elles-mêmes, car si on opérait brutalement sur un fil aussi délié, au lieu d'enlever seulement le frison, on ne manquerait pas de transformer une certaine quantité de soie en frison et d'augmenter par conséquent la quantité du déchet. C'est par ces considérations que M. Locatelli a été amené à fabriquer des petits balais particuliers pour opérer le battage en l'exécutant dans des récipients à part, et à chauffer l'eau directement, sans l'emploi de la vapeur, la vapeur à la pression atmosphérique ne pouvant, d'après l'inventeur, amener l'eau à une température suffisante; mais pour éviter en même temps les inconvénients que présente le chauffage à feu nu, il a établi un fourneau avec une chaudière à eau chaude. Cette chaudière sert au battage des cocons et à l'alimentation de 4 bassines à la fois au moyen des tuyaux T dont nous avons parlé. Hâtons-nous de dire que la construction du fourneau est telle qu'il ne laisse absolument dégager aucune émanation dans l'atelier. Mais si cet inconvénient se présentait, il n'y aurait rien de plus facile que d'établir une cloison entre le fourneau et les tours qu'il alimente.

Purge. Pour exécuter la purge, on dépose une certaine quantité de cocons dans une espèce de tamis en fil de laiton, qu'on place dans la chaudière remplie jusqu'à une certaine hauteur d'eau en pleine ébullition.

On immerge les cocons en les recouvrant par un couvercle en toile métallique. Au bout d'une minute, on fait arriver l'eau froide pour abaisser la température et on prolonge l'immersion d'une minute encore. On enlève ensuite le couvercle et on commence le battage avec les petits balais dont nous avons parlé plus haut. Ces petits balais, qui sont doubles afin d'en faciliter le nettoyage, sont en racines de chien-dent tissées par longues bandes, qui sont ensuite découpées en bandes plus étroites et de manière à ce que leurs extrémités, qui doivent former les pointes des balais, soient coupées en sifflets et agissent mieux sur les cocons. (Nous regrettons de ne pouvoir décrire en détail la fabrication de ces petits balais, mais nous ne pourrions le faire sans trop nous écarter de notre sujet.)

Le battage s'exécute en prenant par le manche l'un de ces balais doubles chaque main, et en le passant à retour d'équerre sous les cocons et en l'agitant légèrement.

Lorsque les cocons sont battus et purgés, on les dépose dans un plateau de service posé sur une tablette à la portée de la fileuse; on réunit tous les maîtres brins, et on les noue autour d'un bouton placé sur le bord du plateau.

Outre les motifs signalés en faveur de cette manière de préparer les cocons, elle présente les avantages de ne pas salir autant l'eau des bassines, d'éviter les *bassiné*, qui sont des cocons percés par l'action du battage; et, en un mot, d'arriver à une purge qui ne laisse rien à désirer. Nous nous sommes assurés bien souvent de ces résultats, en assistant au tirage de cocons de diverses races, qui étaient d'un dévidage très difficile, et cependant l'opération marchait avec la plus grande promptitude et la plus grande facilité; la soie produite était régulière, exempte de bouchons et d'inégalités; elle présentait un éclat remarquable, se tirait jusqu'à la fin, et laissait une chrysalide dure et présentant une enveloppe à peine sensible.

Nous croyons devoir ajouter que les faits par nous avancés peuvent être facilement vérifiés, et qu'ils ont déjà été appréciés, puisque la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale, si justement avare de ses récompenses, a cru devoir, après trois ans d'examen, accorder une médaille d'or à l'inventeur

Cependant le mérite de cette nouvelle machine est encore bien controversé ; son emploi a soulevé bien des oppositions.

Nous allons examiner et discuter les principales objections consignées dans diverses publications.

Voici ce qu'on a dit :

M. Locatelli s'est proposé de produire de la soie grège susceptible d'être cuite et teinte sans avoir été ouvrée, c'est-à-dire sans avoir été doublée et tordue, comme on est obligé de le faire généralement dans l'état actuel des choses, et a complétement échoué.

L'opération est plus coûteuse avec son tour qu'avec les autres ; son appareil peut à peine faire 250 grammes de soie par jour, quantité bien inférieure à celle que l'on fait généralement.

La vitesse que le tour Locatelli peut prendre, en ne faisant qu'un écheveau, est compensée par les défectuosités que la soie doit présenter en raison même de cette vitesse. C'est une véritable calamité d'avoir une machine avec laquelle le premier individu venu peut obtenir un produit convenable. Le moyen si ingénieux employé pour remplacer les cocons usés dans le tour Locatelli était connu, et il n'a été que modifié et amélioré par lui.

La force motrice, dans le nouveau système, coûte plus que dans l'ancien.

Le tour Locatelli n'offre d'autre garantie pour obtenir une soie régulière que la sévérité de la surveillance des fileuses.

Il ne peut produire qu'un écheveau à la fois ; il ne peut être mû mécaniquement ; enfin, il ne fait ni mieux, ni plus, ni à meilleur marché que les tours reconnus bons dans l'état actuel de l'industrie séricicole.

Voici maintenant ce que nous dirons pour répondre à ces différentes objections. Il importe peu à l'industrie de savoir sous quelles préoccupations les améliorations d'une machine ont été tentées. Il lui suffit de constater les résultats, d'étudier et d'apprécier les moyens employés pour y arriver.

Il serait certes prématuré d'avancer que la soie grège produite par le nouveau tour peut être travaillée comme si elle avait été ouvrée et apprêtée. Nous ne pensons pas que l'inventeur lui-même le prétende. Il est cependant juste et vrai de dire qu'il y a un premier pas de fait dans cette voie si délicate et si difficile. Nous avons pu prendre connaissance de plusieurs attestations fournies par les premiers teinturiers de Milan, annonçant qu'ils avaient pu teindre facilement cette soie grège. Nous avons également vu des échantillons d'étoffes tissées avec cette même soie, et à cet égard, l'honorable M. Chevreul, qui a eu sous les yeux les échantillons dont nous parlons, nous permettra d'invoquer son important témoignage.

Quant à l'affirmation faite qu'une fileuse pouvait à peine produire 250 grammes de soie par jour, elle est complétement inexacte. On trouve dans les procès-verbaux régulièrement dressés à Milan, où la nouvelle machine commence à se propager, sur le rendement de toute une campagne, qu'une fileuse ordinaire a produit, moyennement, 382 grammes en cocons de 4 à 5.

De nombreux procès-verbaux que nous avons sous les yeux, délivrés par les premiers industriels en soie d'Italie, attestent que les nouvelles machines ont travaillé pendant trois mois à l'arrière-saison, par conséquent sur des cocons secs, et que le résultat n'a rien laissé à désirer. Le rendement en soie au tirage a été supérieur et le déchet au décreusage inférieur à ceux que présente la soie traitée par la méthode ordinaire.

Voici d'ailleurs un extrait de ces procès-verbaux qui a été publié par les journaux de Milan.

« Avec le produit obtenu à la filature de Nerviana, où nous avons eu dans la campagne passée le rendement très remarquable de 23 onces 1/12e par chaque dix livres grosses de cocons, nous trouvons en faveur du système Locatelli un avantage de 13 livres, c'est-à-dire 3 1/2 p. 100 en soie contre un déchet de 18 livres, c'est à-dire 3 3/5e p. 100 en fusion, lequel déchet se compense en grande partie par le résultat à la teinture, puisque toutes les expériences faites jusqu'à ce jour démontrent que la soie filée avec le système et le battage Locatelli perd de 2 1/4 p. 100 de moins au décreusage que toute autre soie.

« Nous pouvons donc conclure que malgré le produit peu commun que nous avons annoncé avoir fait dans notre filature à Nerviana, nous avons trouvé avec le système Locatelli un avantage de 6 p. 100 en soie produite. Si en outre on considère la perte insignifiante en frison et la différence très légère dans les frais de filature, un tel résultat est certainement digne de considération. »

Les défectuosités que doit présenter la soie provenant du nouveau tour, sont une pure hypothèse; il est facile de s'en convaincre en le voyant travailler et en examinant les produits qu'on en retire. Nous ne pensons pas qu'il soit possible de voir une soie plus ronde, plus nette et plus brillante; et cela se conçoit : la plupart des inégalités et défectuosités viennent ordinairement d'une jonction des brins mal faite et des mariages. Or, par le nouveau système les mariages sont impossibles et tout le monde est d'accord à dire que la manière d'ajouter les brins nouveaux est on ne peut plus prompte et plus sûre. On prétend seulement qu'elle n'est pas neuve. Quoique cela ne change rien aux résultats, disons cependant par esprit de justice que les avantages de ce mode de rattachage proviennent surtout de la construction de la filière, et qu'il nous a été impossible de rien trouver de semblable dans tout ce que l'on a fait jusqu'ici. Nous ne pouvons pas admettre non plus que simplifier le travail d'une industrie soit jamais un malheur.

Nous avons déjà vu pourquoi l'appareil qui nous occupe n'emploie pas la vapeur. Ce serait une erreur de penser que les bassines sont exposées aux inconvénients produits par le chauffage direct, puisque le foyer est complétement séparé des bassines de la soie. Quant à la question économique il est difficile de la résoudre d'une manière satisfaisante par des dissertations.

Les expériences comparatives peuvent seules fournir les données nécessaires à sa solution.

Il en est de même sur la dépense à faire pour mouvoir le tour.

Rien ne s'oppose d'ailleurs à l'emploi d'un moteur quelconque si on y trouvait de l'avantage.

Mais est-il bien rationnel d'affirmer qu'un travail durant au plus un quart de l'année, nécessitant peu de force motrice et forcément disséminé dans nos campagnes, doive être concentré dans de vastes exploitations, desservies par la force motrice de l'eau ou de la vapeur? N'est-il pas sage, moral et avantageux au contraire de maintenir à nos travailleurs de la campagne la seule industrie, pour ainsi dire, qui puisse y être exercée dans des conditions favorables, « sans que l'ouvrier soit soustrait aux joies du foyer domestique, à la paix de la vie des champs, sans que la dignité du père de famille ait à se résigner à des désordres où tout sentiment moral vient s'éteindre, » comme le disait en une autre occasion le célèbre président de la Société d'Encouragement (1).

« Ce ne sont pas seulement les cultivateurs et les propriétaires aisés qui peuvent se livrer à l'éducation des vers à soie, dit un auteur qui s'occupe spécialement de cette question, les plus pauvres habitants des campa-

(1) Discours de M. Dumas, séance générale du 9 juillet 1845.

gnes sont encore certains d'y trouver une précieuse ressource ; car c'est un des caractères particuliers de cette industrie de pouvoir se diviser et se fractionner, pour ainsi dire, à l'infini. Il en est de la soie comme d'une manne précieuse dont chacun, suivant ses forces et son travail, est appelé à recueillir sa part. »

Le reproche que l'on faisait au tour de ne produire qu'un écheveau à la fois n'a plus besoin d'être réfuté. L'inventeur en effet, bien qu'il pense qu'on peut arriver à des résultats aussi économiques en tirant un écheveau qu'en en tirant deux, s'est cependant rendu aux désirs qu'on lui a manifestés, et dispose maintenant ses tours de façon à produire un ou deux écheveaux à volonté et avec la même facilité.

Il n'est pas bien démontré enfin que le nouveau tour avec ses accessoires soit sensiblement plus cher que les anciens avec le générateur, mais cette différence existerait-elle, elle se trouverait compensée par la perfection de la construction du tour nouveau qui n'exige aucun entretien, et par sa durée.

Peut-on maintenant soutenir qu'un appareil qui ne présente aucun des inconvénients qu'on lui reproche, qui de plus offre des dispositions d'un avantage incontestable et incontesté dans lequel on a su combiner la marche du travail d'après les données que l'on considère comme les plus favorables, ne soit pas appelé à rendre de véritables services ?

Il importe que l'industrie séricicole en France ne reste pas stationnaire, car elle se verrait bientôt dépasser par les industries étrangères, dont les progrès peuvent faire prévoir une concurrence redoutable. Or, la France ne peut maintenir sa supériorité dans cette spécialité que par l'amélioration des conditions économiques de toutes les parties qui concourent à la production de la soie et le maintien de la perfection de ses produits. Si dans quelques-uns des perfectionnements ont été réalisés, il en est d'autres qui laissent encore un champ vaste ouvert au progrès.

Le tirage de la soie est de ce nombre. La machine qui procurerait à l'industrie un accroissement dans la production aurait rendu un immense service au pays.

La machine Locatelli peut-elle prétendre à ce résultat?

Quelque favorables que paraissent les renseignements fournis par les industriels italiens, ils ne peuvent suffire pour faire juger complétement l'appareil nouveau, et pour nous permettre de trancher la question. Pour apprécier l'utilité du système Locatelli, il est nécessaire que des expériences comparatives, faites sur une grande échelle, fournissent des résultats certains et déterminés ; car on sait que la quantité de soie contenue dans les cocons varie considérablement, non seulement avec les races, mais aussi avec les individus d'une même race. Il ne suffit donc pas de dire qu'un poids déterminé de cocons a donné telle quantité de soie, pour pouvoir estimer le rendement d'une manière absolue, et si l'on veut se prononcer sur la part réelle que la machine peut avoir à l'augmentation du rendement, il importe de fixer à l'avance le rapport du poids de la matière sérique à celle de la chrysalide. Dans l'intérêt même de la vérité et de notre industrie nationale, nous appelons de tous nos vœux l'attention de l'administration supérieure ou des sociétés savantes sur le système Locatelli. Il appartient à la Société d'Encouragement, qui a déjà donné son approbation aux ingénieux travaux de l'inventeur, d'éclairer complétement la question, en déterminant d'une manière incontestable les résultats qu'on peut obtenir des différents systèmes en présence.

Préparation de la bourre. Les déchets de soie qui ne peuvent se travailler d'une manière continue sont de plusieurs sortes ; la première et la meilleure provient des cocons qui ont été percés et des déchets qui sont faits au moulinage.

SOIE.

On a pu voir aussi que malgré les soins apportés au tirage des cocons, il y avait toujours un déchet. La bourrette et le frison que forment les premières couches du cocon, et l'enveloppe mince qui reste autour de la chrysalide après le tirage, ne peuvent jamais être retirés par le tour, et servir aux mêmes usages que la soie en fil continu. Ces déchets se présentent en masses pelotonnées et collées par la gomme de la soie. Pour en tirer parti, il faut procéder à leur dégommage, ce qui s'opère, en général, en les faisant macérer dans de l'eau pendant un temps suffisant pour dissoudre la gomme. On procède ensuite à des pressages réitérés pour faire sortir l'eau gommée. Après avoir fait sécher la matière, elle est préparée par des battages mécaniques qui sont suivis d'un peignage ou d'un cardage, suivant que les filaments qu'on obtient sont longs ou courts, suivant aussi les usages de l'établissement.

Les déchets ainsi préparés peuvent être filés comme le sont les matières textiles en général ; ce sont les fils résultant de ces déchets de soie qu'on connaît sous le nom de *bourre de soie* ou fantaisie. Ces fils, fatigués au travail, présentent nécessairement moins de solidité, et surtout un aspect beaucoup plus duveteux, qui diminue sensiblement l'éclat de la soie et lui donne une apparence cotonneuse, ce qui en réduit également la valeur. Le travail de ces déchets est généralement exécuté dans les maisons de détention, à cause du bas prix de la main-d'œuvre, et laisse considérablement à désirer sous tous les rapports. Il est évident qu'on pourrait mieux utiliser ces matières qu'on ne le fait, et en obtenir du fil d'une valeur supérieure. Les pressages et battages ne peuvent convenir à un corps de la nature de la soie. La chimie parviendra sans doute à trouver un moyen pour mettre facilement tous les frisons collés en liberté sans les altérer ; il sera possible alors de les préparer plus convenablement.

Cette question, dont quelques industriels s'occupent, mérite de fixer l'attention de tous les hommes compétents, sa solution complète pouvant avoir une grande importance, non seulement parce qu'on parviendrait à mieux utiliser un déchet précieux à notre propre industrie, mais aussi parce qu'on pourrait tirer un parti avantageux des déchets considérables de ce genre des cocons qui nous viennent des Indes, où ils sont chargés pour lester les bâtiments, et sont vendus ensuite à vil prix en Europe.

La chrysalide, après avoir été entièrement dépouillée de la matière soyeuse, peut être employée comme un excellent engrais, si on a soin de la mélanger à d'autres ; sans cela elle donnerait une odeur très désagréable aux produits du sol qu'elle aurait formés. Les Chinois l'utilisent aussi comme aliment pour les hommes et la volaille. Ils s'en servent également pour des préparations pharmaceutiques.

Moulinage de la soie.

Dans l'état actuel de l'industrie séricicole, la soie grége formée, comme on le voit, par la réunion de brins élémentaires chargés de gomme, et qui ne sont, pour ainsi dire, que collés ensemble, ne peut servir à aucun usage sans avoir été doublée et surtout tordue. Les doublages et les torsions ont pour but d'augmenter la résistance des fils, et d'empêcher les brins constituants de se décoller, de se diviser lors de la cuite, du dégommage ou du décreusage qui en rendrait le dévidage ultérieur impossible (1).

(1) Il y a cependant quelques heureux essais de faits pour parvenir à disposer les fils de la soie grége, de manière à leur faire supporter la cuite. Un essai de ce genre, fait par M. Teissier, a été couronné par la Société d'encouragement. Nous avons vu que M. Locatelli avait également obtenu des résultats favorables; mais aucun des moyens proposés n'est encore imité sur une grande échelle.

SOIE.

Les différentes opérations de dévidage, de doublage et de torsion qu'on fait subir à la soie grége pour la transformer en fils propres à être décreusés et employés au tissage, sont comprises dans la spécialité qui a été désignée sous le nom de *moulinage*.

Le moulinage, qui constitue une des préparations fondamentales de la soie, comprend quatre opérations qui sont :

1° Le dévidage des écheveaux de la soie grége sur des bobines ;

2° La torsion imprimée séparément à chaque fil des bobines ;

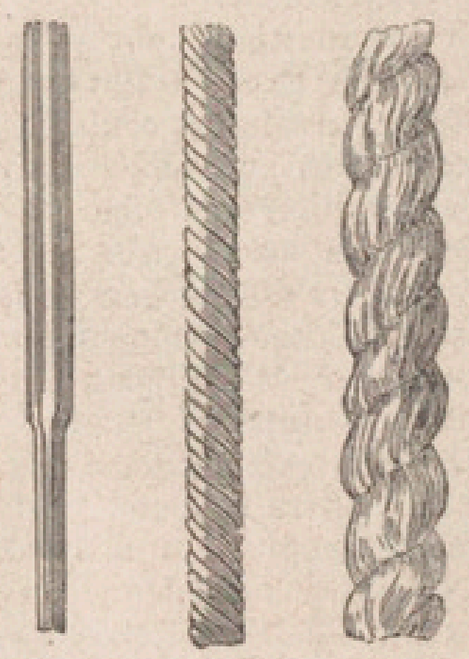
3° Le doublage de deux des fils précédents réunis ensemble par une nouvelle torsion, et leur dévidage sur des bobines ;

4° La réunion, par la torsion, de deux ou d'un plus grand nombre de fils obtenus par l'opération précédente, leur dévidage sur des guindres pour les transformer de nouveau en écheveaux. Par la seconde opération que nous venons de mentionner, et qu'on nomme quelquefois premier tors ou premier apprêt, on obtient un fil qui est désigné sous le nom de *poil*.

Le fil résultant de la troisième porte le nom de trame.

La quatrième, qu'on désigne quelquefois par deuxième tors ou deuxième apprêt, et qui produit les fils les plus doublés et des plus tordus, a pour objet la formation des chaînes, les tissus, qui ont reçu le nom d'organsins (1).

Les fig. 2298, 2299 et 2300, présentent, sur une échelle considérablement augmentée, la première la forme la plus ordinaire d'un fil grége : l'extrémité la plus uniforme représente le fil le mieux préparé ; la seconde, d'un fil de trame, et la troisième d'un organsin.



2298. 2299. 2300.

Ces diverses opérations étant pratiquées par des espèces de moulins tournants, la spécialité qui les comprend a tiré de là son nom.

Le moulinage peut donc être considéré comme un filage sans étirage, et être assimilé au retordage ordinaire de fils qui ne constitue qu'une opération secondaire dans le travail de la plupart des autres matières filamenteuses.

On a cependant en tous temps attaché, avec raison, une grande importance au moulinage des soies, et cela se conçoit, les considérations que nous avons fait valoir en parlant de la torsion en général étant également applicables ici. On doit d'autant moins les perdre de vue qu'il s'agit de la matière la plus précieuse. Il est nécessaire de se rappeler que non seulement une torsion trop grande énerve la matière en occasionnant un travail inutile, mais aussi que cette opération diminue le brillant, ce qui est un inconvénient, surtout pour des fils auxquels on cherche à conserver autant que possible leur éclat.

Autrefois, lorsque l'industrie était régie par des règlements, ils fixaient le nombre de tours par unité de longueur que les mouliniers devaient donner aux différentes espèces de soies destinées à former des fils de trame ou de chaîne. L'exécution de ces règlements eût pu être favorable à l'industrie s'ils eussent pu prévoir les nombreux cas qui peuvent se présenter et fournir une formule générale applicable à chaque cas particulier. Comme il n'en était certes pas ainsi, ces règlements ont plutôt entravé que fait avancer le progrès. En effet, le moulinier a tout intérêt à ne pas dépasser un certain degré de torsion, et son expérience et son intérêt sur ce point sont un guide plus sûr que les règlements. Il n'a pas non plus intérêt à donner une torsion insuffisante, puisque la soie se livre au poids plutôt qu'à la longueur. Le raccourcissement résultant de la torsion ne peut donc pas lui causer de dommage. Aussi l'organsinage s'est-il perfectionné peu à peu depuis que chaque industriel a été libre de travailler comme il le jugeait convenable. Ce progrès a été très lent cependant ; ce n'est guère que depuis quelques années qu'on a commencé à diversifier l'ouvraison des soies suivant les genres de tissus auxquels on la destine. Cette manière de procéder a été reconnue d'une telle utilité qu'il s'est formé des établissements adonnés spécialement à chaque genre.

Mais si les règlements dont nous avons cru devoir dire un mot renfermaient des dispositions défavorables au progrès de l'industrie, ils imposaient, en revanche, des obligations qui devaient mettre le commerce des soieries à l'abri des actes de mauvaise foi dont nos grands centres industriels souffrent aujourd'hui. Ils déterminaient avec soin les distinctions à faire entre les différentes qualités de soie, l'état de pureté dans lequel elles devaient être livrées, et la longueur des asples, des dévidoirs, afin qu'on ne produisît que des écheveaux d'une mesure uniforme et déterminée. On a été obligé de revenir peu à peu à ces sages prescriptions, en les modifiant, pour les mettre en harmonie avec les connaissances et les exigences de l'industrie de notre époque. L'établissement du conditionnement des soies est aujourd'hui une institution d'utilité publique. Les efforts que l'on fait pour arriver à ne livrer que de la soie dévidée sur des asples à *tours* comptés et présentant tous la même circonférence, et recevant le même nombre de révolutions pour former l'écheveau, dérivent de la même tendance. Enfin, le moyen le plus efficace proposé par M. Arnaud pour éviter les soustractions frauduleuses de la soie, connues sous le nom de *piquage d'onces*, et l'utile association qui s'est formée à Lyon pour propager ce moyen, se proposent également, d'une manière plus en harmonie avec notre état social, le but moral et les heureux résultats que les anciens règlements voulaient atteindre. Nous aurons à revenir sur chacun de ces moyens après avoir décrit les opérations du moulinage. Si les opérations de l'organsinage sont dirigées avec plus de soins et d'intelligence depuis quelque temps, les machines employées à ce travail sont restées à peu près ce qu'elles étaient au dernier siècle. Aucune spécialité industrielle n'est demeurée aussi étrangère au progrès mécanique. Nous savons que, malgré cela, nos soies moulinées sont estimées. Mais en obtenant ce résultat par des machines perfectionnées, on ferait mieux, avec plus de régularité, on produirait davantage en économisant de la force, et par conséquent à meilleur marché : on serait sûr alors de maintenir notre supériorité sur la concurrence étrangère. Un jour viendra où peut-être la force des choses amènera les améliorations que nous désirons, mais on aura peut-être à regretter de ne pas les avoir introduites plus tôt. Nous allons passer successivement aux descriptions des machines employées dans le moulinage et nous verrons les recherches qu'elles ont donné lieu, l'habileté des ouvriers étant d'ailleurs l'élément le plus indispensable.

Premier dévidage. Ce dévidage a surtout pour but de nettoyer la soie, de rattacher les fils rompus, d'enlever les bouts et les inégalités pour obtenir un fil aussi homogène et aussi régulier que possible Cette opéra-

(1) Ce nom vient de l'italien et veut dire tordre. C'est par cette raison qu'on désigne quelquefois les opérations de moulinage sous le nom d'organsinage.

tion occasionne nécessairement un déchet variable avec l'état de pureté et la qualité de la soie. Il est rarement au-dessous de 2 p. 100 pour les soies de bonne qualité; il s'élève souvent jusqu'à 8 p. 100 pour les soies inférieures de nos pays, et peut aller de 30 à 50 p. 100 lorsqu'on traite des soies exotiques, qui ont été produites grossièrement et sans soin.

Deuxième dévidage pour l'organsinage. Lorsqu'on veut produire de l'organsin, après avoir tordu les fils séparément et les avoir disposés en écheveaux, on transforme les écheveaux en bobines; c'est donc un nouveau dévidage à opérer. Cette opération sert à doubler, tripler, quadrupler, etc., les fils suivant l'usage auquel on les destine; le second dévidage n'offre rien de particulier.

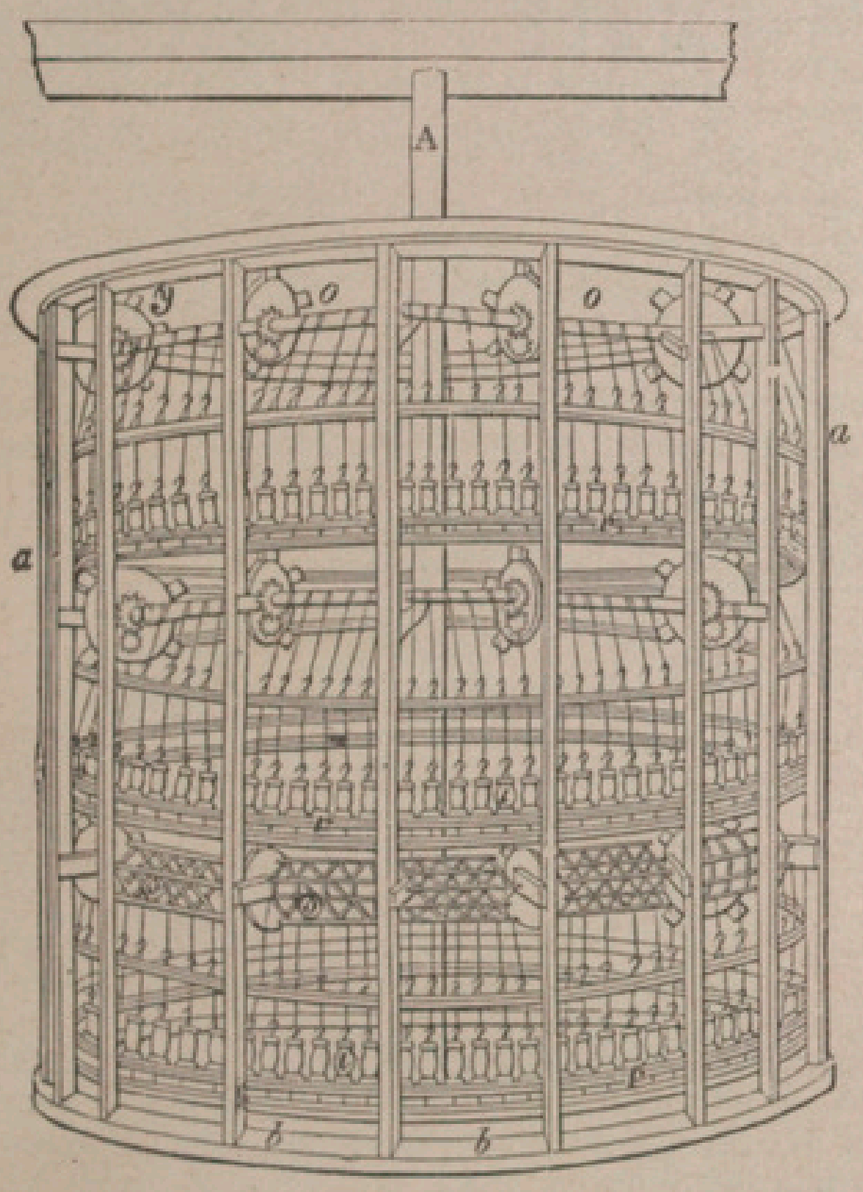
Ce sont les fils des bobines précédemment tordus qu'on transporte sur d'autres bobines. Dans leur trajet de l'une à l'autre, les fils sont de nouveau purgés en passant entre deux guides garnis de draps, qui les frottent pour les débarrasser de toute impureté.

Moulin rond. On emploie depuis un temps immémorial deux autres systèmes de moulins à tordre, connus sous le nom de moulin rond et de moulin ovale, à cause de la disposition donnée aux bobines autour de ces machines. Quelques mots vont suffire pour faire comprendre ces anciens systèmes fort compliqués par des moyens de commandes surannés, mais très simples, quant au principe qui leur sert de base. La fig. 2301 donne l'élévation d'un moulin rond vu en perspective; les fuseaux ici sont disposés circulairement sur plusieurs rangs ou étages en hauteur. Dans l'étage le plus élevé au-dessus de la première rangée des fuseaux, des petites bobines en bois disposées horizontalement sur des baguettes, et destinées à recevoir le fil des fuseaux au-dessus des rangées de fuseaux inférieurs, se trouvent des asples *s* pour recueillir les fils de ces fuseaux. Les rangées supérieures ont pour but de donner le premier tors ou premier apprêt. Les rangées inférieures sont dévidées sur des asples, servant au second apprêt, et par conséquent à l'organsin.

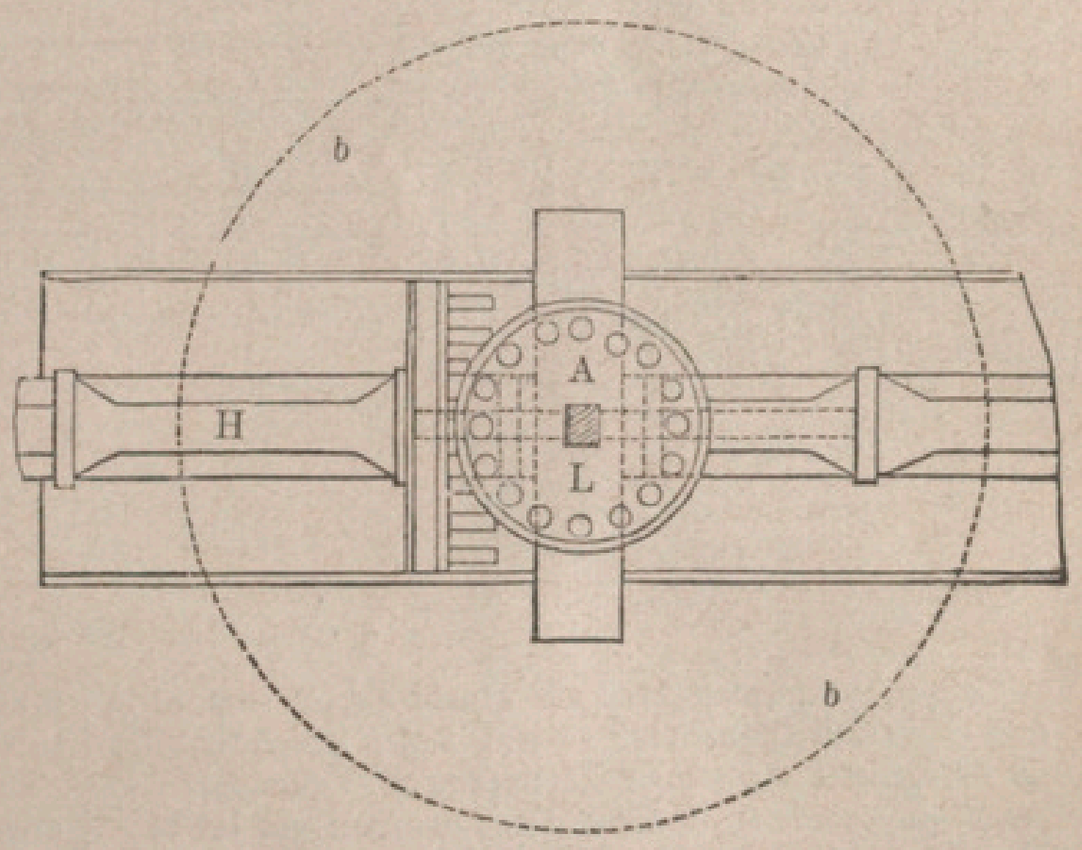
Il y a un bâti général composé de montants verticaux réunis ensemble par des cercles en bois b, b. Au milieu de ce vaste système se trouve un arbre vertical principal A (fig. 2302), commandé à sa partie inférieure par une roue à cheville H' engrenant avec la lanterne L et recevant son impulsion par l'arbre de commande du moteur.

C'est sur l'arbre vertical A que l'on prend ensuite les différentes transmissions intérieures pour commander : 1° une courroie qui enveloppe les renflements de tous les fuseaux. Cette courroie reçoit son impulsion par l'extrémité des rayons qui partent du centre de l'arbre, et fait tourner le fuseau par le frottement qu'elle exerce; 2° les mouvements des bobines supérieures, des guindres inférieurs, sont imprimés par les commandes *a* et *y*. Cette énonciation suffit pour faire comprendre qu'il est impossible qu'il y ait uniformité de mouvement entre les bobines commandées directement, et d'une manière indépendante par des rouages et les fuseaux, auxquels le mouvement est communiqué par le passage alternatif des bras et le frottement inévitablement irrégulier des courroies; et cependant l'harmonie entre ces mouvements est une condition essentielle pour produire un bon travail. L'ensemble de cette communication de mouvement, par sa complication inutile, la grossièreté de sa construction, rappellent involontairement l'ancienne et célèbre machine de Marly. Nos lecteurs qui désireraient avoir plus de détails sur cette machine, la trouveront décrite bien amplement dans l'*Encyclopédie méthodique*, publiée en 1786.

Moulin ovale. Le moulin ovale est presque aussi ancien et plus en usage encore que le précédent; il y a des moulins à simple et à double rang de bobines. La fig. 2303 donne une partie de l'élévation de face d'un moulin ovale à double rangée de bobines et la fig. 2304 en donne le plan. Les deux rangées



2301.

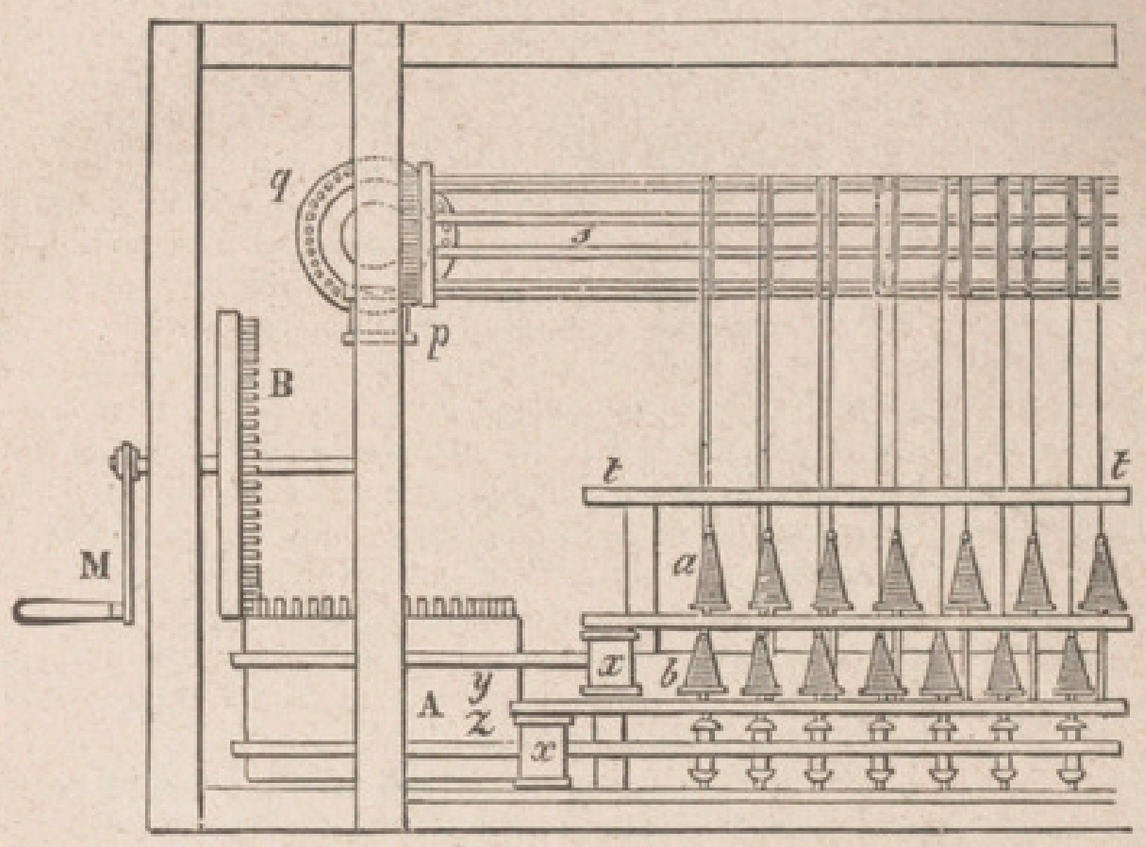


2302.

de bobines sont disposées l'une au-dessus de l'autre, comme l'indiquent les figures, et suivant la courbe elliptique indiquée dans le plan. La rangée supérieure occupe une périphérie de la courbe moindre que celle qu'occupe le rang inférieur. Le mouvement est encore imprimé aux bobines par des courroies; *y* et *z* représentent ces courroies, se dirigeant d'une poulie horizontale P mue par la commande générale du moteur, qui donne son impulsion à la manivelle M, sur les broches des bobines. Ces courroies sont tendues, guidées, et dirigées dans leur parcours par les rouleaux verticaux de tension *x*, *x*. Ces rouleaux peuvent changer de place pour tendre plus ou moins les

courroies. L'inspection de la figure suffit pour faire comprendre le reste des mouvements. Les asples *s* sont commandés de chaque côté par les roues L, L, recevant elles-mêmes le mouvement de l'arbre *r*, sur lequel se trouve une troisième roue semblable *q*, commandée par un pignon *p*. Ce pignon est fixé sur un arbre vertical *v*, mû par la roue horizontale A, qui engrène avec la roue B à laquelle l'arbre de la manivelle M communique directement le mouvement.

2303.



1° De proportionner la vitesse de rotation des fuseaux au renvidage qui se fait sur les bobines, de façon que celles-ci prissent la même quantité de fils à chaque révolution des fuseaux, quoique ceux-ci diminuent, et que les bobines augmentent de diamètre à chaque révolution.

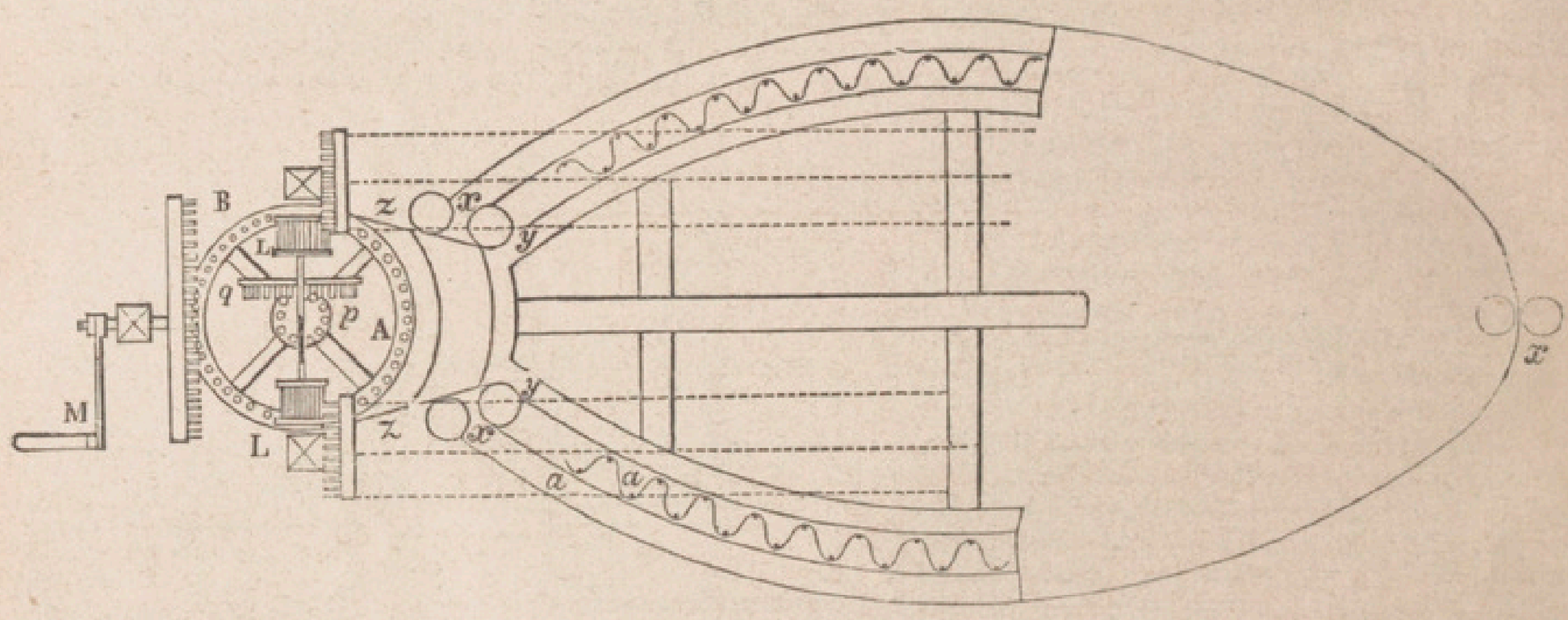
2° Eviter, pour varier le degré de tension, le changement des rouages que nécessitaient les anciens moulins.

3° Donner un mouvement de va-et vient aux guides des fils, afin d'obtenir un renvidage uniforme, ce qui n'avait pas lieu pour les anciens moulins.

Les conceptions mécaniques si nettes et si claires de Vaucanson ne pouvant être trop reproduites, nous donnons un extrait de son Mémoire adressé à l'Académie des Sciences, en 1751, et dans lequel il indique comment il a résolu ce problème.

Les fuseaux sont placés sur deux lignes droites et parallèles, qui peuvent avoir 10, 20 ou 30 pieds de longueur, suivant la grandeur du lieu.

On peut mettre plusieurs rangs de fuseaux sur la hauteur du moulin, suivant que le bâtiment est plus ou moins élevé. Tous les fuseaux de chaque rang sont mis en mouvement par une chaîne sans fin *a*, dont les maillons engrènent avec un petit pignon que porte la tige de chaque fuseau, de façon que, dans le temps que le premier mobile qui conduit les chaînes a fait une révolution



2304.

Ce que la commande de ces machines, et surtout le moyen de faire tourner les fuseaux des broches, offre de défectueux ne pouvait échapper à Vaucanson. Il remarque que le frottement d'une courroie sur les broches des bobines, quelle que soit la forme du moulin à retordre, ne peut jamais produire une torsion égale. Pour obvier à cet inconvénient, il imagina la chaîne connue sous son nom; mais comme cette chaîne, pour rendre l'effet que l'inventeur en attendait, devait être d'une exécution parfaite, et que tous les chaînons, qui peuvent être considérés comme des dents d'une crémaillère, devaient être très égaux entre eux; il inventa en même temps une machine pour construire les chaînes elles-mêmes.

La machine de Vaucanson eut peu de succès; il serait difficile d'en donner un motif sérieux, car la mécanique, de nos jours, n'a rien produit de plus rationnel et de plus pratique. On va en juger.

Le célèbre ingénieur s'était posé la solution du problème dans les termes suivants :

tous les fuseaux du moulin en font un nombre déterminé, et ce nombre est aussi invariable que le serait celui des révolutions d'un pignon qui engrénerait avec une roue dentée ordinaire.

Les bobines y reçoivent leur mouvement par le même mobile que les fuseaux, mais avec cette différence que leur vitesse diminue à mesure qu'elles se remplissent de soie, toutes les fois que le va-et-vient, par son mouvement de retour, a distribué le fil de soie sur toute la bobine; sa circonférence ou son volume se trouve augmenté de la grosseur de ce même fil. C'est aussi à chaque mouvement du va-et-vient que s'opère la diminution de vitesse des bobines, et cela dans la même raison de la grosseur du fil. S'il faut que le fil de soie soit distribué cent mille fois par le va-et-vient sur toute la longueur de la bobine pour la remplir entièrement, chaque mouvement de va-et-vient fait diminuer la vitesse de la bobine d'un cent millième; si la soie est d'un quart plus grosse, la vitesse en est diminuée d'un soixante-quinze millième; si elle est

plus grosse de moitié, la vitesse est diminuée d'un cinquante millième; enfin, toutes ces différences de diminution peuvent opérer par degré à chaque mouvement du va-et-vient, et toujours proportionnellement aux différentes grosseurs de soie. Le va-et-vient n'y reçoit pas son mouvement par une manivelle; mais il est produit par la révolution d'une portion de cercle denté, qui engrène alternativement avec des crémaillères, ce qui rend la vitesse très uniforme, au moyen de quoi tous les pas de l'hélice, formés par le fil de soie sur la bobine, se trouvent parfaitement égaux entre eux et dans tous les temps, soit que les bobines soient vides ou pleines, au quart ou à la moitié; elles tirent toujours à chaque tour qu'elles font une même longueur de soie, pendant que les fuseaux ont tous fait un même nombre de révolutions, d'où il résulte une soie toujours également apprêtée, c'est-à-dire toujours également tordue dans toutes ses parties.

Le plan du moulin forme un parallélogramme de 16 pieds de long sur 15 pouces de large; outre que cette forme est beaucoup plus avantageuse pour le service du moulin, qui se trouve partout éclairé, elle épargne la moitié du terrain.

La construction est beaucoup plus légère; elle est entièrement dégagée de toutes ces grosses masses et de ces longues pièces de bois, qui se déjettent considérablement, et qui dérangent toujours la forme des moulins; tous les mouvements y sont fort libres; il n'y a pas la moitié des frottements qui se trouvent dans les moulins ordinaires : aussi ne faut-il qu'une très petite force pour le faire mouvoir.

Le travail du moulin s'y fait beaucoup plus commodément. Quand il faut augmenter ou diminuer l'apprêt, on est obligé, dans un moulin ordinaire, de changer soixante et douze pignons. Un seul suffit dans le moulin nouveau pour augmenter ou diminuer la vitesse de toutes les bobines, et par conséquent pour changer tout l'apprêt.

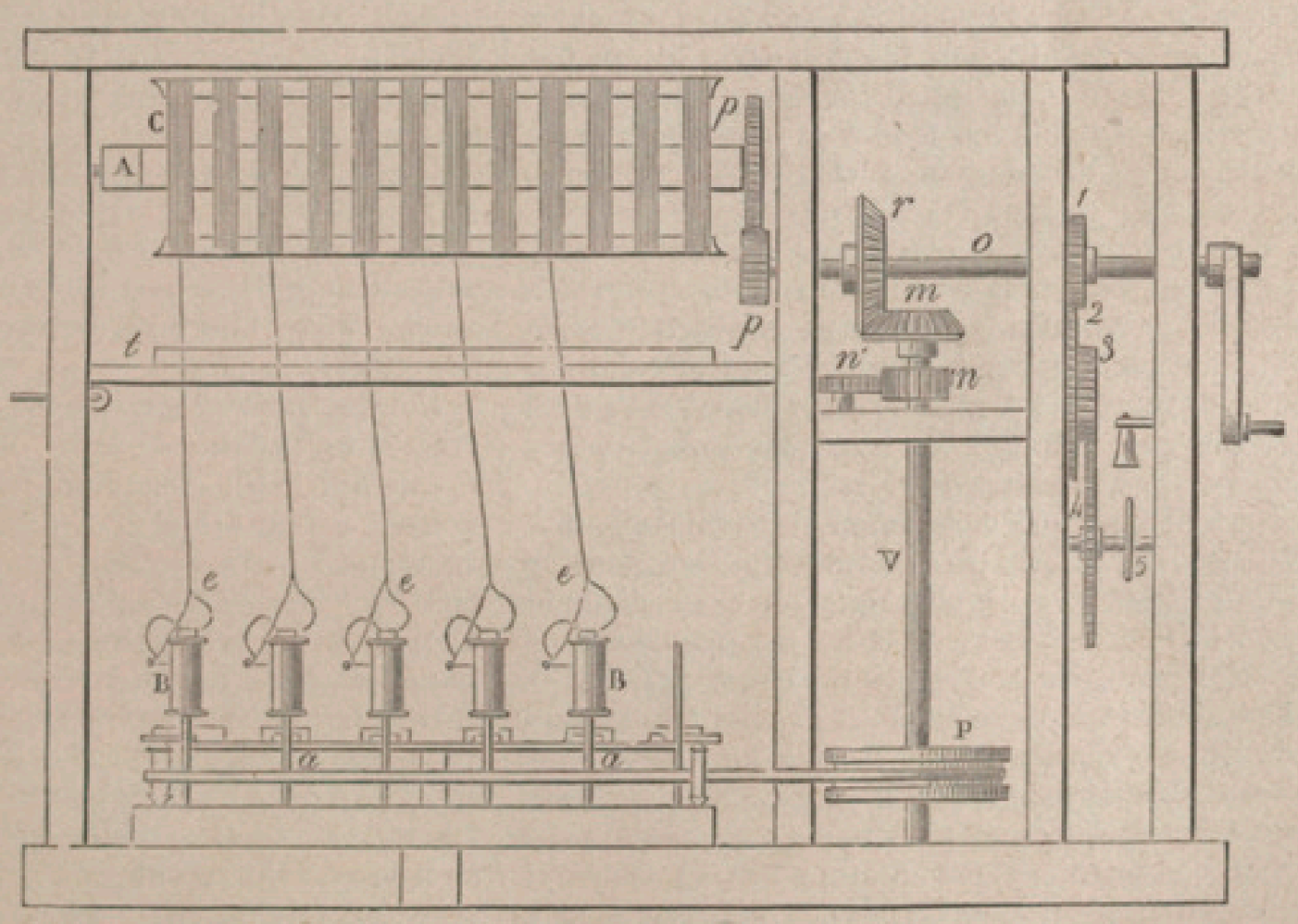
Lorsque la soie a reçu un premier apprêt, c'est-à-dire lorsqu'elle a été tordue à un bout, on joint plusieurs de ces bouts ensemble, qu'on dévide à la main sur de nouvelles bobines, qui sont ensuite portées sur un autre moulin pour tordre chaque fil double ou triple à contre-sens du premier, et le faire monter en écheveau sur un guindre. La fig. 2305 représente un guindre : on donne ce nom aux moulins de second apprêt, que l'on fait mouvoir plus communément avec une courroie sans fin qui embrasse tous les fuseaux. On voit que la courroie fait tourner les fuseaux avec moins d'irrégularité que les maillons de la chaîne, parce qu'elle appuie continuellement sur eux et ne les abandonne jamais, au lieu que les maillons ne viennent les toucher que par intervalles.

Mais quand on observe ce mouvement avec quelque attention, on voit que, pour peu que la courroie soit plus ou moins tendue, la vitesse des fuseaux est plus ou moins grande, et que, s'ils ne sont pas disposés sur un cercle parfait, ceux qui sont plus en dedans sont moins pressés par la courroie, et tournent par conséquent plus lentement que ceux qui sont plus en dehors. Ainsi, on peut, sans se tromper de beaucoup, regarder les révolutions des fuseaux, dans ces moulins, comme étant aussi inégales que celles des fuseaux dans le moulin du premier apprêt.

La soie, au lieu de monter de dessus les fuseaux sur des bobines, comme dans le moulin du premier apprêt, monte ici sur des guindres. Ces guindres sont des espèces de dévidoirs ou chevalets composés de quatre lames de bois de 3 pieds environ de longueur attachées vers leurs extrémités sur deux croisillons montés sur un même arbre. Le pourtour de ces chevalets ou guindres a environ 26 pouces.

Chaque fil de soie, qui se trouve double ou triple dans ce moulin, est conduit sur ces guindres par une petite boucle de fer fixe et s'y dévide en écheveaux. Quand l'ouvrier juge que l'écheveau est assez gros, il en fait la *capieuse*, c'est-à-dire qu'il casse le fil montant pour le plier autour de l'écheveau qui vient d'être achevé; il fait ensuite glisser cet écheveau de côté pour donner place à un autre, qui ne peut se former que vis-à-vis la petite boucle de fer qui conduit le fil de soie; et comme tous les écheveaux se trouvent faits à peu près dans le même temps, l'ouvrier répète la même opération sur tous les autres en faisant le tour du moulin. Il résulte trois grands inconvénients de cette méthode.

Premièrement, le fil de soie, qui est conduit sur le guindre par une boucle immobile, s'y dévide toujours au même endroit, et forme un écheveau en talus fort étroit et fort épais, parce que les fils de soie, montant toujours l'un sur l'autre, font des tours qui augmentent continuellement de grandeur, au point que les derniers ont 18 ou 24 lignes de plus que les premiers. Or, quand ces écheveaux se trouvent entre les deux chevilles du teinturier ou du lustrage, il faut que la soie des plus petits tours s'écorche ou se casse pour que l'action de la cheville arrive jusqu'aux plus grands. Cela occasionne un déchet très considérable dans le dévidage de ces soies; beaucoup de perte de temps à l'ouvrier, parce qu'il en emploie presque toujours au-



2305.

:ant à rechanger les fils cassés ou écorchés qu'à fabriquer l'étoffe ; ce qui l'engage souvent à savonner ou à falsifier sa soie pour la faire couler plus aisément, et enfin beaucoup de pertes au fabricant, qui se trouve, en outre, avoir une étoffe beaucoup moins bonne et beaucoup moins belle.

Le second inconvénient, qui résulte de la méthode, est que la grosseur de tous les écheveaux n'est jamais la même, puisqu'elle dépend toujours du plus ou moins d'attention de l'ouvrier. Les écheveaux devraient tous être petits et bien égaux; mais comme le moulin va ordinairement jour et nuit, il arrive que ceux qui se font pendant la nuit sont le double plus gros que ceux qui sont faits pendant le jour, ce qui dépend de l'heure à laquelle on a capié le soir.

Le troisième inconvénient vient de ce que l'écheveau se faisant toujours à la même place sur le guindre pour faire place à un autre écheveau, quand le temps est humide ou pluvieux, les lames en bois du guindre se trouvent considérablement enflées, et on a toutes les peines du monde à faire glisser l'écheveau, et ce n'est ordinairement qu'aux dépens de quantité de fils cassés ou écorchés qu'on en vient à bout.

Ces inconvénients ont été prévus et ont été tous évités dans le nouveau moulin pour le dernier apprêt; les révolutions des fuseaux y sont toutes aussi régulières et toutes aussi constantes que dans le moulin du premier apprêt, puisque le mécanisme est absolument le même à cet égard; la soie y monte en écheveaux sur des guindres; mais tous les fils y sont conduits par des boucles ou guides attachés sur des tringles, qui ont un petit mouvement d'allée et venue, et qui promènent insensiblement chaque fil de soie sur le guindre, et lui font former un écheveau de 10 lignes de large sur un quart de ligne d'épaisseur.

Quand les guindres ont fait deux mille quatre cents révolutions, et que chaque écheveau se trouve avoir deux mille quatre cents tours, il part, sans qu'on touche au moulin, une détente qui fait subitement reculer les tringles où sont attachés les guindres, ce qui fait changer de place à tous les fils de soie qui viennent former un nouvel écheveau à côté du premier. Après deux mille quatre cents autres révolutions, la détente part de nouveau, et tous les fils de soie se trouvent encore dans une nouvelle place pour former un troisième écheveau, ce qui se répète constamment jusqu'à ce que tous les guindres se trouvent couverts d'écheveaux. Incontinent après le dernier tour du dernier écheveau, le moulin s'arrête de lui-même, et avertit l'ouvrier par une sonnette de lever les guindres qui sont pleins et d'en remettre de vides.

On sent aisément que moyennant cette nouvelle manière, les écheveaux faits sur ces moulins sont tous de la même grosseur, puisqu'ils ont tous exactement 2.400 tours ; que les premiers et les derniers tours de chaque écheveau sont à très peu de chose près de la même longueur, puisque tous les écheveaux n'ont qu'un quart de ligne d'épaisseur ; qu'il n'est plus besoin de faire passer chaque écheveau sur le guindre pour faire place au suivant, puisque sans toucher au moulin les fils de soie changent eux-mêmes de place, et viennent former des écheveaux les uns à côté des autres, jusqu'à ce que les guindres soient entièrement couverts. Il est bien vrai qu'on est obligé de changer plus souvent de guindres, parce que la largeur des écheveaux et la petite distance qui les sépare ne permettent pas qu'il y en entre autant que par la manière ordinaire, mais le temps que l'on emploie à changer plus souvent de guindres, se trouve bien regagné par celui qu'on emploie ordinairement aux capieuses ; ils ne se font point ici sur le moulin. On a bien plus de facilité lorsque le guindre en a été ôté ; on le fait beaucoup mieux et on y perd moins de soie. On trouve d'ailleurs un avantage bien considérable sur la main-d'œuvre, puisque une femme peut fort à son aise servir quatre de ces machines, tandis qu'il faut un homme très agile et très adroit pour en servir une à l'ordinaire. Enfin, il est facile de concevoir que les soies qui, après avoir été tirées de la coque avec soin, seront montées sur ces nouveaux moulins y recevront un tors parfaitement égal dans toutes leurs parties, soit dans le premier, soit dans le second apprêt ; que ces soies ne seront plus si maltraitées à la teinture et au lustrage ; qu'elles seront plus aisées à travailler sur le métier, et qu'il en résultera des étoffes beaucoup meilleures, plus belles, et fabriquées en beaucoup moins de temps.

Moulin à dévider. Lorsque la soie a été ouvrée, il est nécessaire de la dévider de nouveau pour la disposer sous forme d'écheveaux, composés eux-mêmes d'échevettes ou flottes séparées. Ce nouveau dévidage est indispensable pour pratiquer sur la soie les opérations de la cuite, du décreusage, de la teinture. On emploie en France, depuis une dizaine d'années, avec assez de succès, un moulin à dévider qui a été imaginé par M. Belly, de Lyon. La fig. 2307 présente une vue horizontale du moulin, prise au-dessus des guindres. Ce moulin étant circulaire, on n'a représenté que le quart de la machine, le reste étant symétrique.

La fig. 2306 est une élévation de la machine.

Elle se compose d'une table ronde *p*, supportée par un bâti sous forme de T, dont on voit un pied en B. Les guindres à dévider se trouvent disposés en un certain nombre, ordinairement au nombre de 16, autour de la table comme on le voit en *r,r*. Les guindres sont assemblés à leur partie inférieure dans les poignées à charnières, qui leur permettent de s'incliner.

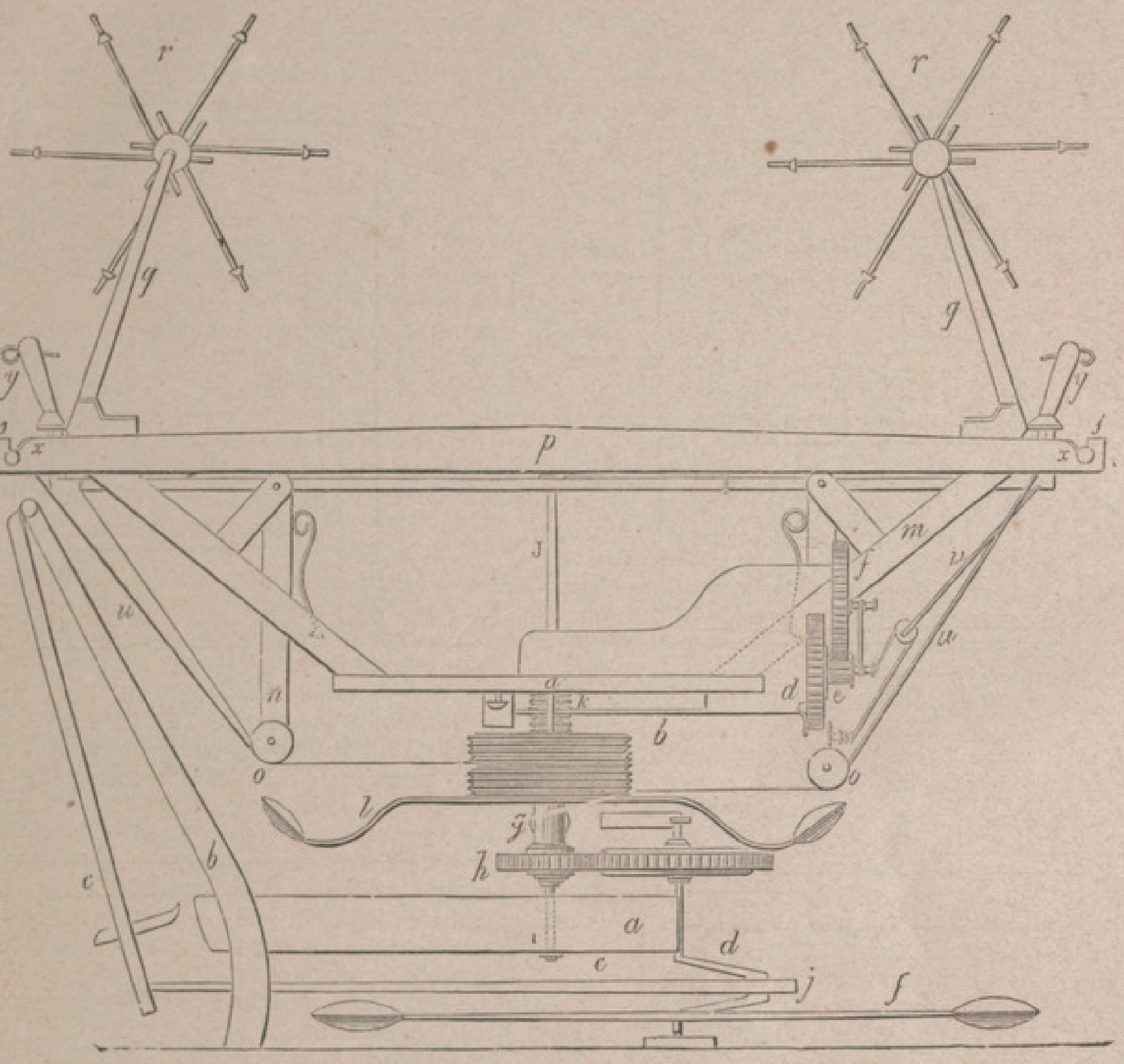
Les roquetins qui doivent recevoir la soie des guindres pour la transformer en bobines, sont disposés dans des poupées sur le champ de la table, tout autour de sa circonférence, en un nombre égal à celui des guindres. Ces roquets ont un mouvement circulaire autour de leur axe. Ce mouvement leur est transmis par des poulies *z,z*, dont les axes ont leurs extrémités placées entre deux pointes fixées dans des poupées évidées *x*, *x*. Une des extrémités des broches des roquets est garnie de drap, et vient s'appuyer contre une face de la poulie disposée obliquement. Le frottement qui en résulte, lorsqu'on donne l'impulsion aux poulies, fait tourner les roquets ; on peut augmenter ou diminuer plus ou moins le frottement, en serrant ou desserrant les petites vis que porte le système.

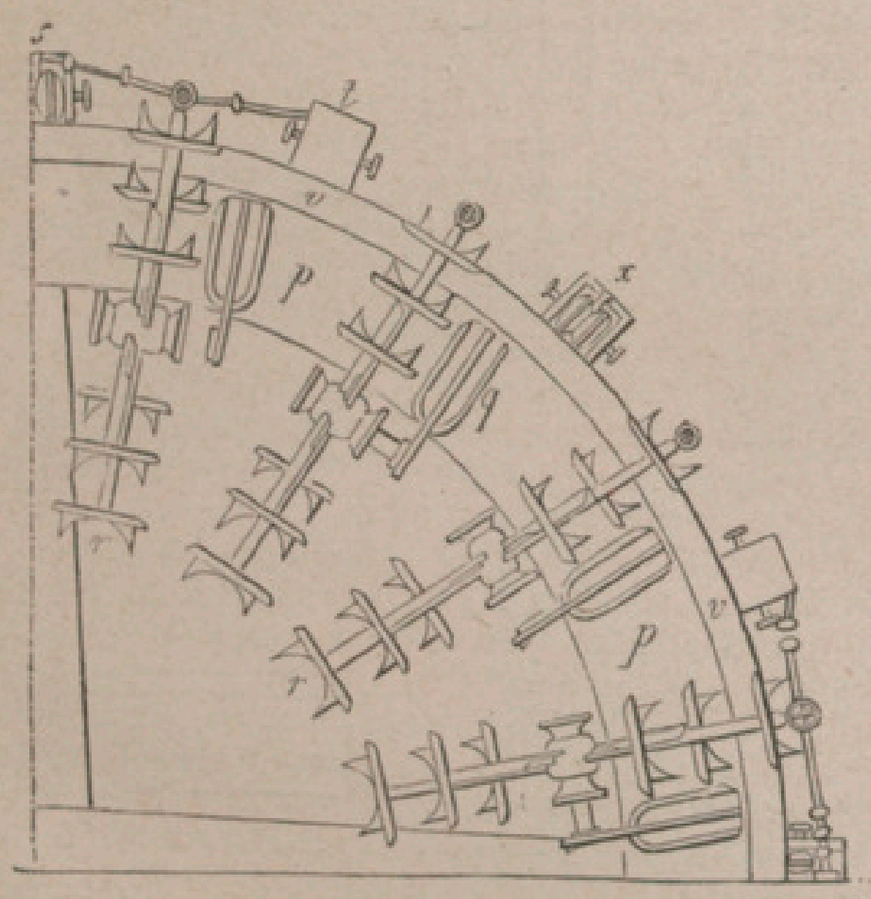
Les fils, pour passer des guindres sur les roquets, traversent les barbins *y*.

La fig. 2306 fait comprendre comment le mouvement est imprimé aux différentes parties. Au pied du moulin se trouve une manivelle *d*, attachée à une bielle *y*, qui est mise en mouvement par la tige à charnière *e*, à la partie inférieure de laquelle elle est fixée. Pour imprimer le mouvement, l'ouvrière qui est assise devant la machine pose un pied sur la pièce oscillante de la tige à articulation *c*, qui peut prendre alors la position indiquée en lignes ponctuées sur l'axe de la manivelle; au-dessous d'elle on a placé un croisillon de trois bras, terminés chacun par une lentille pesante. Ce croisillon remplit les fonctions de volant. Au côté opposé du croisillon la manivelle porte sur son axe la roue *e*, engrenant avec le pignon *h*, disposé sur le canon vertical *g*, qui repose à sa partie inférieure dans un pivot de la traverse *a* du bâti, et à sa partie supérieure dans un cercle qui forme la base des montants *m* du bâti. Le canon *g* porte une poulie *i*, munie de huit gorges, et à laquelle est fixé un second croisillon à lentilles *ll*. Au-dessus de la poulie *i*, sur le même canon *g*, est une vis sans fin *k*, qui engrène avec une roue *a*, dont l'axe *b* communique le mouvement à un pignon *c'*. Le pignon *c'* transmet successivement la vitesse aux roues *d'*, *e*, *f*.

Un cordon attaché à cette dernière va passer sur une petite poulie à laquelle est lié le cordon o, qui enveloppe la poulie z des roquets, et retourne se fixer par son autour de l'arbre vertical z, afin que l'ouvrière puisse amener devant elle au besoin, et sans les déranger, les roquets dont les fils se seraient cassés. Ces pièces don-

2306.





2307.

nent le mouvement de va-et-vient à un cercle du même diamètre que celui de la table p, tournant sur des roues de friction et portant des tubes de verre placés en face de chaque guindre, comme c'est lors des différentes opérations qui suivent l'organsinage, surtout lors du décreusage et de la teinture qu'ont lieu les soustractions frauduleuses. On a souvent proposé, pour les éviter, de former des écheveaux d'une même longueur déterminée, lors du dernier dévidage, comme cela a lieu pour les autres fils en général, et de diviser les écheveaux en un certain nombre de parties ou échevettes. Afin de faciliter au besoin la vérification de la longueur, lorsque la soie rentre de la teinture, plusieurs mécaniciens ou industriels ont proposé des dévidoirs dans ce but.

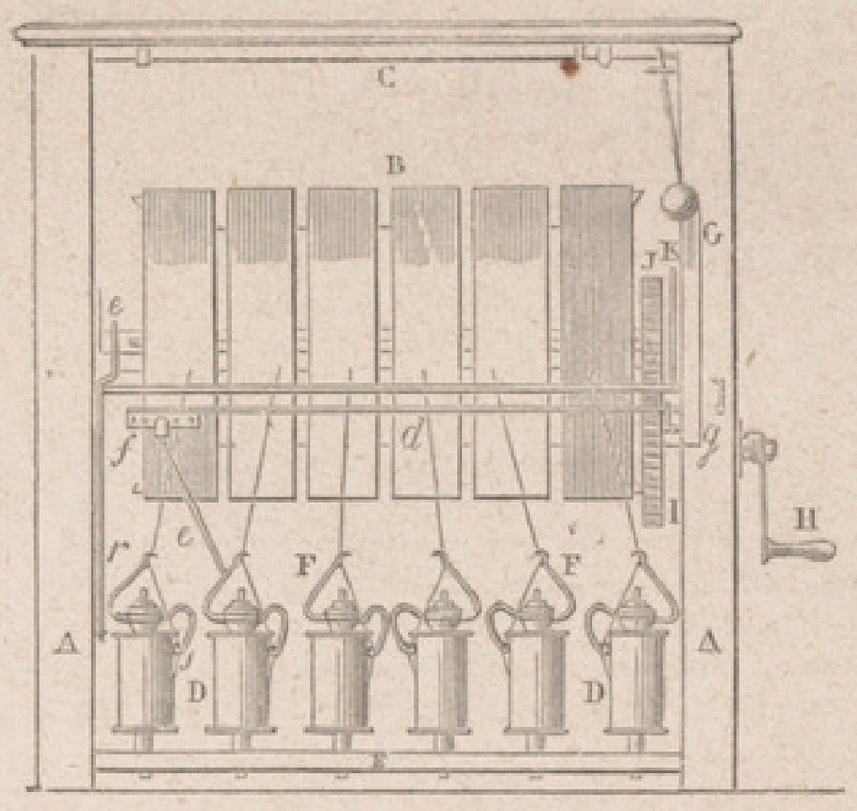
Dévidoir de Guilléni. Une des machines qui ont été le plus appréciées et récompensées, est le dévidoir de M. Guilléni, qu'il a nommé compteur ou régulateur transposant, et qui a été décrit avec soin dans le Bulletin de la Société d'Encouragement. Ce dévidoir, une fois mis en mouvement, produit des écheveaux d'une égale longueur, au moyen d'un compteur disposé pour le faire arrêter dès que l'écheveau est arrivé au nombre de tours voulu, qui forme ordinairement une longueur de 3,000^{m}

Le fil est légèrement et convenablement croisé dans l'écheveau, ce qui est, comme nous l'avons déjà signalé, une condition essentielle pour faciliter les dévidages ultérieurs. La division en échevettes a lieu par

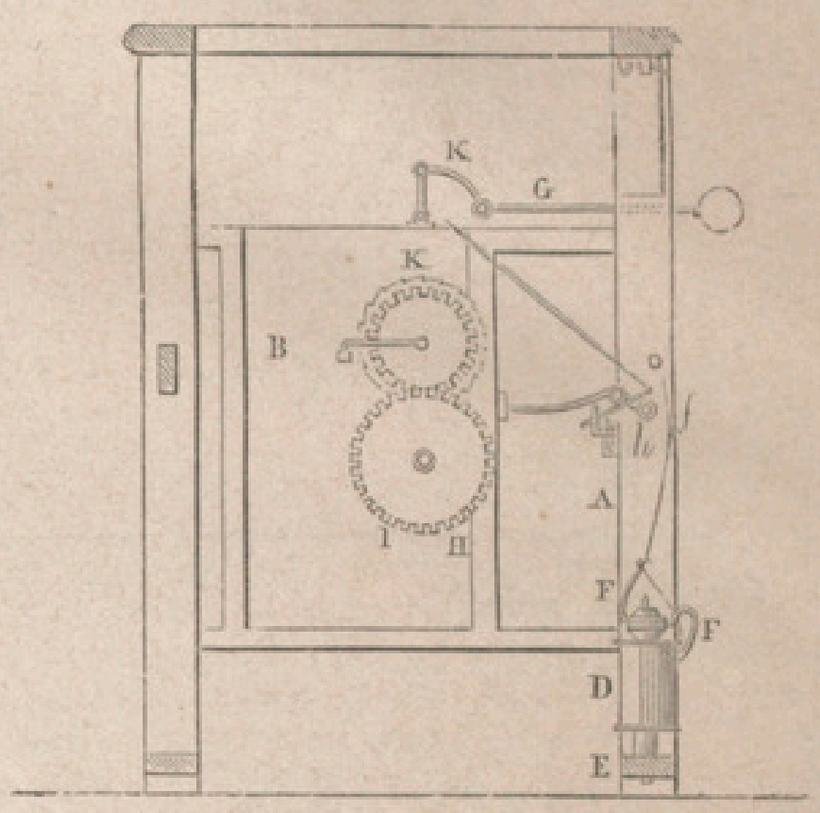
tre extrémité autour d'une des gorges de la poulie i, en passant sur des poulies de tension o, qui portent les bras à articulation. La table de la machine peut tourner au-

un mécanisme, pendant le dévidage, sans qu'on ait besoin d'arrêter le dévidoir. Enfin, si un fil venait à casser pendant l'opération, l'effet de la rupture arrête le mouvement du dévidoir.

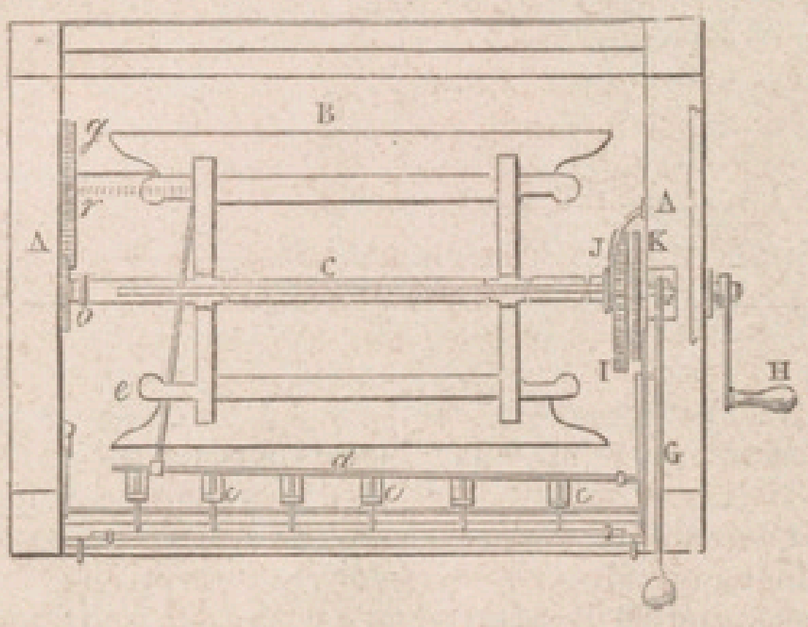
La fig. 2309 donne une élévation longitudinale de la machine. La fig. 2308 est un plan vu en dessus. La figure 2310 est une section verticale du mécanisme disposé dans l'intérieur et du côté droit du bâti, et qui sert à arrêter le mouvement en cas de rupture du fil. La fig. 2311 donne une vue de côté de la communication de mouvement de va-et-vient. Comme toutes les machines de ce genre sont à peu près composées des éléments que nous avons eu à décrire déjà, nous pensons pouvoir nous borner à indiquer simultanément les pièces dont se compose celle-ci et leurs fonctions.



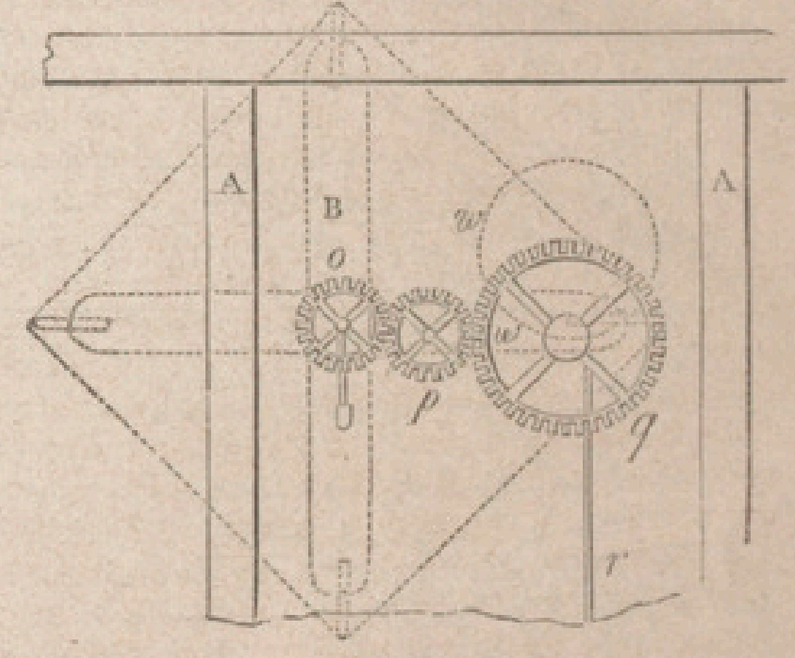
2309.



2310.

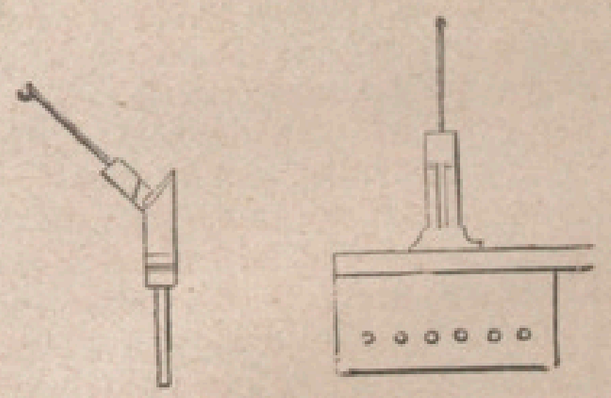


2308.



2311.

Des bobines D, chargées de soie, on fait passer le fil dans l'ailette F, et de là sur une traverse *f*, garnie d'une baguette de verre, puis le fil s'infléchit pour passer dans un barbin en se rendant sur les guindres. Lorsqu'on fait tourner la manivelle H des guindres, les fils se croisent sur les écheveaux par un mouvement de va-et-vient que les barbins leur communiquent. Les mouvements des barbins et leur rapport avec celui du guindre est établi de la manière suivante : l'arbre C du guindre porte une roue *o*, engrenant avec la roue *p* qui à son tour, communique sa vitesse à la roue *q*. A cette dernière est attachée excentriquement une tringle *r* qui monte et descend pendant le mouvement de rotation du guindre. Cette tringle est réunie à un bras de levier horizontal *s*, auquel est fixée la tige *e* communiquant le



2312. 2313.

mouvement au patin *f* de la tringle *porte-barbin d*, alternatif dans une coulisse et un petit galet *g* disposé à cet effet. Ces barbins ont la forme indiquée fig. 2312 et

SOIE.

2313; ils sont à charnières et se ploient lorsqu'ils ne sont plus soutenus par le fil. L'arrêt instantané du dévidoir, lorsqu'un fil se rompt, est opéré de la manière suivante :

Aussitôt que le fil casse, le barbin, qui n'est plus soutenu, s'abat et tombe sur un petit châssis *h* qui règne sur toute la longueur de la machine. Ce châssis, en basculant par l'effet de la boule dont il est chargé, engage le levier horizontal *i* qui fait corps avec le châssis dans les dents. Ce levier *i* fait reculer une détente *j*, pressée par un ressort, et qui soutient le levier d'embrayage *c*. Celui-ci, étant dégagé, s'abat par les effets du poids de la boule qu'il porte, et prend la position inclinée. Il lève en basculant le patin *h*, et fait agir un mécanisme qu'on voit fig. 2310. Ce mécanisme se compose d'un levier coudé *l*, mobile sur son centre *m*, et armé, à son extrémité inférieure, d'une fourchette qui embrasse le canon de la roue à rochet K. Lorsque la pièce *n* agit sur le levier, il s'écarte du haut, fait reculer le rochet et le dégage des ergots de la roue 5. Cette roue étant libre tourne sur l'axe L, qu'elle n'entraîne plus avec elle, et le métier s'arrête. Le fil étant rattaché, l'ouvrier relève la bascule *e*, et toutes les pièces qui correspondent reprennent leur mouvement. Nous avons dit que le mécanisme disposait de lui-même successivement, sur le guindre, les écheveaux en échevettes parallèles entre elles, en ménageant entre elles un certain espace vide : cela s'exécute au moyen d'un compteur placé en dehors du bâti, et que les figures n'indiquent pas. Sur l'axe *o* est monté un pignon fixé sur une barre mobile. Ce pignon engrène avec deux autres roues qui communiquent à un échappement. Ce dernier agit sur une pièce, ou espèce de bec, qui opère le déplacement de l'échevette. Il résulte de la disposition du mécanisme : 1° qu'après 3,000 révolutions du guindre, la combinaison des engrenages du compteur fait remonter la barre *o*, *o*, comme le montrent les lignes ponctuées ; alors la tige *r*, parcourant un plus long espace qu'il n'est nécessaire pour la croisure des fils, transmet le mouvement à la tringle *e*, qui fait passer le barbin de la flotte achevée à celle qu'on doit commencer ; 2° au moment où la flotte est terminée, le mouvement du guindre est arrêté de la manière indiquée précédemment. Soit que le dévidage d'écheveaux à tours comptés ait présenté quelques difficultés réelles, soit que les dévidoirs proposés n'aient pas rempli toutes les conditions qu'on en désirait, soit qu'ils n'aient pas présenté assez de garantie à cause de l'allongement que la soie gagne à la teinture, ou enfin qu'il ait été impossible de vaincre les usages reçus, il n'en est pas moins vrai que son emploi ne peut être considéré que comme une exception. Il faut avouer, d'un autre côté, qu'il ne peut mettre à l'abri des soustractions qui ont lieu pour une matière que le teinturier reçoit et rend au poids ; car on sait que la soie perd une quantité considérable, moyennement 30 p. 100, de corps étrangers par le décreusage, qu'il faut effectuer avant la teinture ; et qu'elle gagne, au contraire, un poids assez notable par l'addition de la matière colorante qui donne jusqu'à 80 p. 100 de surcharge. Ces causes de variations du poids brut de la soie présentent des changements continuels. Pour les éviter, on avait cherché à déterminer d'un côté la perte que les diverses soies du commerce devaient subir au décreusage, et de l'autre l'augmentation qu'elles pourraient acquérir par l'addition des matières tinctoriales. Mais il est difficile de faire ces appréciations d'une manière assez exacte pour tous les cas qui peuvent se présenter, à moins que de faire chaque fois une opération chimique assez longue et onéreuse, et même elle ne pourrait toujours constater des falsifications que l'on peut faire subir à la matière colorante en y ajoutant des matières étrangères de peu de valeur pour augmenter la densité de la soie ce qui cause une double perte : celle provenant de la soustraction et celle occasionnée par les défectuosités qui résultent de cette coupable manœuvre. Il a donc fallu avoir recours à des moyens plus sûrs, plus prompts et plus faciles à la fois : M. Arnault de Lyon est parvenu à résoudre ce problème si difficile et si important de la manière la plus heureuse.

Pour comprendre le procédé, il faut savoir que la soie envoyée à la teinture par le fabricant est disposée pa paquets pesant environ 1k,50 chacun ; que ces paquets sont divisés en 20 parties ou *mains* ; chaque main est divisée en quatre *pantines*, et chaque pantine est formée de 2, 3, 4 écheveaux ou flottes. Les flottes, les pantines, les mains et les écheveaux sont séparés par des liens qui maintiennent convenablement les fils pendant les opérations de la teinture pour les empêcher de se mêler et de présenter des difficultés lors du dévidage ultérieur.

Le procédé Arnault consiste à se servir, pour les mains et les pantines, de liens différant entre eux par leur nature, leur couleur ou leur contexture. Après avoir fait ces liens et avoir pesé la masse, le fabricant choisit une main dont il pèse chacune des quatre pantines avec une exactitude de 1/10e de gramme près ; il pèse ensuite avec le plus grand soin le poids de la main, c'est-à-dire des quatre pantines réunies, comme vérification. Il note exactement ces poids et les pantines sur lesquelles il a opéré avant de livrer à la teinture. Lorsque la soie lui est rendue par le teinturier, le fabricant pèse de nouveau de la même manière les parties et la masse. Supposons, pour fixer les idées, que le poids de la main après le teinturier soit égal à 1, si le fabricant a livré 100 mains, elles devront peser 100. Si le poids est sensiblement plus grand ou plus petit que 100, il y a eu fraude ; si ce poids est plus grand, c'est une preuve que la soustraction a eu lieu sur la main qui a servi pour faire la vérification ; si le poids de la masse est plus petit, c'est une preuve qu'il y a eu soustraction d'une partie de la masse.

On voit que le procédé n'est complétement efficace qu'autant qu'il n'y aurait pas une égale soustraction sur chaque main et chaque pantine, ce qui est pour ainsi dire impossible. Les soustractions n'ont jamais lieu que par portions ; aussi le moyen de M. Arnault offre-t-il toute la sécurité désirable, surtout si l'on s'astreint à opérer minutieusement sur les pantines. Ce procédé a paru présenter de tels avantages aux villes de Lyon et de Saint-Etienne qu'une société, composée par les industriels les plus honorables de la localité, s'est constituée dans le but d'exploiter le procédé Arnault. Cette compagnie a pris le nom de Société de garantie contre le piquage d'once. Le jury central de la dernière exposition s'exprime de la manière suivante sur le procédé de M. Arnault :

« Malgré la simplicité, l'économie, et surtout à cause de l'efficacité de son procédé, il a fallu à cet artisan honorable douze ans de lutte énergique contre l'indifférence, les préventions et les coupables manœuvres des intérêts qu'il venait attaquer. »

Et plus loin, le rapport ajoute :

« Depuis un an seulement, à l'époque de l'organisation de la Société de garantie contre le piquage d'once, Arnault reçut d'elle une rémunération, et cependant le brevet qui lui garantit la propriété de son procédé expire dans deux ans. Le jury croit faire un acte de haute justice en décernant à Jean Arnault la médaille d'or.

« Il désire que l'éclat de cette récompense contribue à la propagation de son procédé dans toutes les fabriques de France. »

CONDITION DES SOIES. Il ne suffit pas de se mettre à l'abri du piquage d'once pour éviter toutes les causes de falsification ou d'erreur qui peuvent se présenter

dans les transactions du commerce de la soie. On sait en effet que la soie est un corps très hygrométrique, et peut absorber de 10 à 30 p. 100 de son poids d'eau.

Aussi, la plupart des pays pour lesquels le commerce de la soie a quelque importance, se sont-ils préoccupés de la recherche d'un moyen qui puisse mettre les transactions commerciales à l'abri des erreurs provenant de cette variation. Dès 1750, la ville de Turin possédait un établissement ou plutôt un séchoir destiné à amener toutes les soies sur lesquelles on opérait à un degré de siccité uniforme. A Lyon et à Saint-Etienne, cet exemple fut suivi dans des maisons particulières. Ce ne fut qu'en 1805 qu'un décret institua un établissement public et unique pour chacune des villes de Lyon et de Saint-Étienne. La direction de ces établissements fut confiée aux administrations locales, qui durent subvenir aux frais, et furent autorisées à en percevoir les revenus. Ces établissements reçurent le nom de *conditions*, et la dessiccation qu'on fait subir aux soies celui de conditionnement.

Les moyens employés dans ces premiers établissements pour arriver au but qu'on se proposait étaient défectueux ; on ne tarda pas à s'en apercevoir. La soie, à l'instant de la vente, était portée dans des salles de la condition pour y être exposée à une température de 18° à 20° Réaumur, pendant 24 heures lorsque c'était de l'organsin, et 48 lorsque c'était de la trame.

La soie pour trame et les écheveaux d'organsin, étaient étalés sur des tiroirs en toile métallique. Les soies ainsi disposées étaient placées dans de grandes cases grillées, fermées par un scellé, disposées dans les salles dont la température était élevée à 18° ou 20° Réaumur par des poêles ou fourneaux.

On constatait le poids des ballots avant et après leur dessiccation. Le second poids obtenu devenait le poids marchand, d'après lequel le vendeur devait livrer la soie. Lorsqu'on opérait sur de la trame, on ne faisait jamais subir qu'une seule épreuve à la soie. Le poids obtenu après une première exposition à la condition, devenait le poids légal. Lorsqu'on opérait au contraire sur de l'organsin, on renouvelait le séchage pendant 24 heures, si la matière avait perdu plus de 2 1/2 et moins de 4 1/2 p. 100, et on prolongeait l'opération pendant 48 heures lorsque la perte dépassait ce dernier chiffre, et après ce dernier séchage on formait le poids du commerce. Ce mode d'opérer ne pouvait remédier à une foule d'inconvénients et d'irrégularités qui se présentaient avec les variations atmosphériques et le plus ou moins d'encombrement des salles de l'établissement. Lorsque le vent soufflait et que le temps était sec, la dessiccation était considérable et les épreuves avaient besoin d'être renouvelées ; par des temps humides les effets contraires avaient lieu. Dans le premier cas le vendeur se plaignait, dans le second la perte était pour l'acheteur. L'exposition relative des ballots dans la salle avait également une influence sur les variations que présentaient les poids de la soie. Comme il était impossible d'avoir une température constante dans tous les points de l'établissement à cause des portes, des fenêtres, et que l'état hygrométrique y variait également avec la plus ou moins grande quantité de soies et l'état dans lequel elles se trouvaient, etc., il en résultait souvent que des soies provenant des mêmes sources, travaillées de la même manière, présentant la même qualité et conditionnées simultanément, offraient entre elles des variations considérables. Cela dépendait uniquement de leur disposition dans la salle et de leur voisinage des portes ou de soies humides. Le renouvellement des épreuves dont les durées étaient déterminées, ne pouvait offrir aucune garantie, puisque les causes d'irrégularité étaient, pour ainsi dire, permanentes. Il a été prouvé que des soies, que la condition considérait comme parfaitement sèches, contenaient encore une quantité notable près de 10 p. 100 d'eau.

L'ancien mode de conditionnement présentait donc de graves inconvénients qui n'étaient même pas rachetés par la promptitude de l'opération et l'économie des manipulations, puisqu'on faisait subir le séchage à toute la masse. Le service était au contraire long, compliqué et pénible, puisqu'il fallait opérer sur des ballots entiers, prolonger quelquefois leur séjour assez longtemps pour causer une perte d'intérêt sensible, et les employés étaient obligés de séjourner dans une atmosphère sèche et malsaine. C'est donc avec juste raison que ce système avait soulevé des réclamations et rassurait si peu les acheteurs, qu'ils attendaient autant que possible le vent du nord et un temps sec pour faire leurs achats. Il en résultait alors, dans la condition, une accumulation de soies qui entravait et ralentissait la marche des opérations, et qui fournissait une source d'humidité sur laquelle l'acheteur n'avait pas compté.

La chambre du commerce de Lyon, qui avait reconnu depuis longtemps les vices du mode de conditionnement dont nous venons de parler, après avoir fait vainement un appel aux savants et aux hommes spéciaux pour trouver un moyen sûr et facile d'opérer la condition, chargea, en 1831, M. Léon Talabot de l'étude de cette importante question qu'il résolut bientôt de la manière la plus complète. Près de dix années se sont écoulées en essais et en expérimentations pour constater d'une manière authentique les résultats et la valeur du nouveau système d'après lequel est construite la condition actuelle de la ville de Lyon, qui a été instituée comme établissement d'utilité publique par une ordonnance royale en date du mois d'avril 1843.

Le système de M. Talabot est aussi simple que sûr. Au lieu de chercher à enlever par le séchage la masse d'humidité contenue dans la soie, comme on prétendait le faire par l'ancien procédé, M. Talabot a cherché à déterminer quelle quantité absolue d'humidité renfermaient les soies à conditionner. Pour cela il soumet la soie à une dessiccation complète en l'exposant à une température de 102° à 103° centigrades. Des pesées faites avant et après cette dessiccation donnent le poids brut de la soie, le poids perdu après le séchage et par conséquent la quantité d'humidité que contenait la soie et par suite le poids absolu de la soie entièrement sèche. Mais au lieu d'opérer sur toute la masse à conditionner, il suffit de faire subir la dessiccation à quelques écheveaux comme échantillons, et en déduire ensuite la quantité d'humidité de la masse par une règle de proportion.

A la condition publique de Lyon, on procède de la manière suivante :

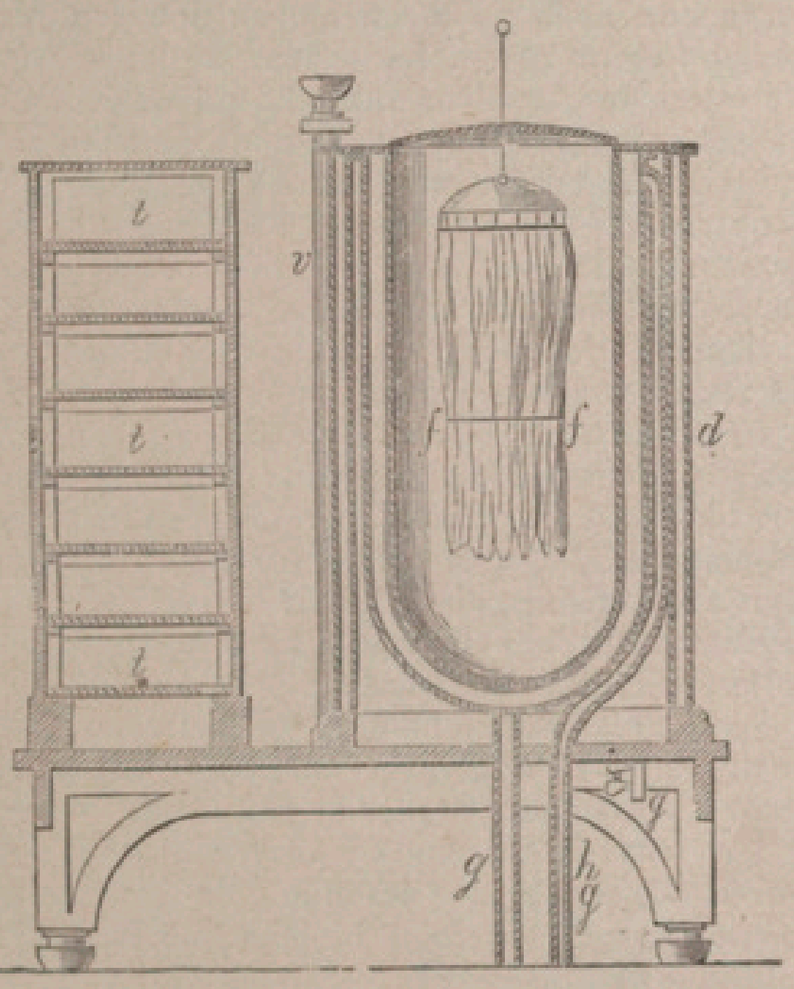
On constate d'abord le poids brut du ballot, c'est-à-dire le poids de la soie et de son enveloppe ; on pèse ensuite cette dernière pour la défalquer du poids brut afin d'avoir le poids exact ou poids net de la soie. On extrait de cette soie un certain nombre d'écheveaux, souvent au nombre de trente, d'autant de places différentes du ballot. On divise ces écheveaux ou échantillons en trois lots qu'on pèse immédiatement avec le plus grand soin. On dessèche ensuite d'une manière absolue deux de ces lots dans des appareils différents. La concordance parfaite que les deux résultats doivent offrir sert comme moyen de contrôler l'exactitude des balances des appareils et les soins que les employés apportent à l'opération. Le lot mis en réserve ne sert qu'autant que l'on trouverait une différence de 1/2 p. 100 dans le résultat de la dessiccation des deux premiers : alors on renouvellerait l'opération avec le troisième.

Lorsqu'on a constaté la concordance parfaite dans la dessiccation des deux échantillons, on en déduit facile-

ment le poids absolu de la soie du ballot. En effet le poids des deux lots, avant leur dessiccation complète, est à leur poids complétement desséché comme le poids net du ballot qui a été constaté est à son poids absolu, qui est le seul terme inconnu de la proportion (1). Quel que soit donc l'état de la soie lors de la vente, l'acheteur sait exactement, par une étiquette de la condition, la quantité réelle de soie sur laquelle il doit compter.

Les ventes ne sont cependant pas basées sur le poids absolu de la soie ; on a cru convenable d'y ajouter un certain poids de tolérance, tant pour représenter la quantité d'humidité qu'elle contient à la température ordinaire et dans son état normal, que pour faciliter le passage de l'ancien au nouveau système de conditionnement; on a jugé convenable d'ajouter au poids absolu, trouvé après la dessiccation complète, 11 p. 100 de ce poids comme équivalant moyennement à la quantité d'humidité que le commerce admet dans ses transactions, mais bien sur cette quantité augmentée de 11 p. 100. Cette manière d'opérer ne présente plus aucun inconvénient, puisqu'elle établit des conditions connues et égales pour tous.

Nous avons donné la coupe (fig. 2314) de l'appareil de dessiccation de M. Talabot tel qu'il fonctionne à la condition de Lyon.



2314.

L'appareil se compose : 1° d'un casier A B formé par sept tiroirs dont les six inférieurs de 2 à 7 servent à recevoir les échantillons, et le septième contient la collection des poids et les petites pinces qui servent à manier les poids. Ces tiroirs portent des numéros d'ordre indiquant les appareils auxquels ils appartiennent; 2° d'un cylindre fermé à sa partie inférieure seulement, destiné à recevoir les écheveaux à dessécher. Ce cylindre métallique est garni par une double enveloppe formant un espace vide autour de lui et qui reçoit la vapeur du générateur par le tuyau *o*. Afin de maintenir la température, on recouvre le cylindre par une cloche cylindrique en cuivre dont les parois entrent dans les coulisses réservées dans l'épaisseur du cylindre. La partie supérieure de la cloche est tournée et disposée pour recevoir le couvercle qui peut s'ôter à volonté lorsqu'on veut introduire la soie. La fente que l'on remarque dans le couvercle, sert à livrer passage à une tige attachée au fléau d'une balance.

Les tuyaux inférieurs servent l'un à amener la vapeur, et l'autre à l'écoulement de l'eau de condensation. Ils sont fermés ou ouverts à volonté par des robinets. Tout l'appareil est solidement fixé sur le support en fonte. Après avoir fait les premières pesées sur le ballot et les échantillons, on accroche ces derniers, comme l'indique la fig. 2314. On les lie à la partie inférieure pour les empêcher de toucher les parois du cylindre. On lâche la vapeur dans l'appareil, et on ouvre un robinet qui se trouve à sa partie supérieure, pour laisser dégager l'humidité de la soie. Lorsque l'appareil est arrivé à une température de 108°, on ferme le robinet et on laisse les échantillons jusqu'à ce que la balance n'indique plus la moindre variation; on constate alors le poids de ces échantillons et on ne les retire qu'après, afin que le pesage ait lieu avant que la soie n'ait pu absorber de nouveau l'humidité de l'air.

Des expériences positives ont démontré qu'à la température de 108° la soie ne contenait plus aucune trace d'humidité; que cette haute température n'avait cependant pas la moindre influence fâcheuse sur la ténacité ni l'élasticité de la soie qui ne prenait pas moins bien les couleurs les plus délicates.

Si à ces considérations on ajoute que l'opération a lieu promptement, que l'on peut vendre le ballot à conditionner pendant que l'on opère sur les échantillons, on comprendra que le problème a été résolu sans rien laisser à désirer et que l'établissement de Lyon sera bientôt imité, non seulement dans nos villes de France, mais dans tous les pays étrangers qui font le commerce de la soie, ce qui pourra considérablement faciliter les transactions d'un pays à l'autre.

Moulinage anglais. Les Anglais, qui n'ont introduit chez eux le moulinage des soies que dans ces derniers temps, n'ont pas jugé convenable de copier les machines employées au même travail dans les pays auxquels ils allaient faire concurrence. Ils ont pensé avec juste raison qu'on pouvait construire des machines plus perfectionnées susceptibles de produire à meilleur marché ; ils n'ont pas reculé devant les premiers sacrifices à faire qui devaient être supportés par de vastes établissements. Le travail de la soie n'est exécuté en effet que sur une grande échelle chez nos voisins et avec des soies grèges qu'ils tirent de l'étranger, de l'Italie et de la France, et en partie de leurs vastes colonies qui font tous les jours de nouveaux progrès et qui sont loin d'avoir atteint le but auquel elles peuvent rationnellement prétendre. Et cependant pour certains articles de soieries, et notamment pour les foulards et beaucoup d'articles unis, il nous est impossible de produire aux mêmes conditions que les Anglais. Que sera-ce donc lorsqu'ils parviendront à travailler seulement d'une manière passable l'énorme quantité de soies en cocons que leur fournissent les Indes et dont ils savent si peu tirer parti dans l'état actuel de leur industrie sériciçoie? Toutefois, il faut dire qu'ils n'ont pas réussi aussi bien qu'aurait dû le faire croire leur habileté mécanique en remplaçant par de la fonte le bois des moulins de nos organsineurs du Midi; et c'est avec grande raison que M. Poncelet fait remarquer que les habiles filateurs de soie de France et d'Italie ont fait fort sagement de ne pas se hâter d'abandonner leurs machines en bois pour adopter les machines plus modernes des constructeurs anglais, qui n'ont pu encore fournir d'aussi beaux produits que ceux obtenus à l'aide des premières.

(1) Soit p le poids des échantillons avant leur dessiccation,
p' le poids des échantillons après leur dessiccation,
P le poids net de la soie des ballots,
x le poids absolu de la soie du ballot, on aura :

$$p : p' :: P : x.$$

Il est à supposer, dit-il, que les mécaniciens anglais se sont trop hâtés, dans l'origine, d'arrêter, d'immobiliser en quelque sorte leur système de construction de machines à mouliner la soie, d'autant plus que pour les faire moins chèrement, on les a privées des plus délicats organes qu'on rencontre dans les bancs à broches modernes, pour assurer l'uniformité d'enroulement et de tors des fils tant recommandée aux mouliniers de France par leur illustre maître, Vaucanson. Les propriétés physiques spéciales de la soie à la fois continue, tenace, extensible et contractile, sont autant de motifs sérieux de s'abstenir d'abandonner un genre de machines que l'on peut perfectionner sans doute, en y appliquant toutes les ressources de la mécanique, mais en se gardant de renoncer à l'élasticité, à la légèreté qui conviennent à la nature du travail à effectuer.

Préparation au marabout. Nous avons dit que la torsion est ordinairement donnée à la soie avant la teinture; on opère en effet de cette manière pour les fils de trame et d'organsin. Mais quelquefois, lorsqu'on veut obtenir de la soie plus torse et plus forte pour certaines étoffes, on lui fait subir une torsion avant et une après la teinture.

La soie ainsi ouvrée est connue dans le commerce sous le nom de *marabout*. On emploie en général la plus belle soie blanche pour produire le marabout. On sait qu'on ne peut imprimer une torsion à un fil quelconque sans que sa longueur diminue. Cette diminution pour le marabout peut être de 4 à 5 p. 100 de la longueur, tandis que la force du fil devient d'environ une fois et demie plus grande qu'avant l'application de la seconde torsion.

Ce serait une erreur de supposer que la force de l'organsin sera toujours proportionnelle à la quantité de torsion; si on voulait pousser celle-ci trop loin, le fil serait bientôt énervé, comme nous l'avons déjà fait remarquer ailleurs. Il ne faut pas perdre de vue, d'un autre côté, qu'on n'obtient cet excédant de force que par une diminution de longueur et une dépense notable de force motrice, et que la torsion ternit les fils brillants. On devra donc moins tordre en général ceux qui sont destinés aux étoffes brillantes, telles que le satin et les peluches, par exemple. Les fils pour crêpes, pour rubans, devront, au contraire, recevoir un apprêt plus fort.

Passage à la vapeur. Après le moulinage, les fils ont en général une tendance à se brouiller, à se mêler, en vertu de leur élasticité qui agit en sens inverse de la torsion. Comme il est important de neutraliser cet effet, on a soin de les passer à la vapeur, qui pénètre les filaments et fait disparaître cette tendance en maintenant cependant la torsion.

Déchet de la soie au moulinage. Les opérations du moulinage ne peuvent se faire sans occasionner un déchet assez considérable, provenant, soit des défectuosités dont il faut débarrasser les fils, soit des ruptures et accidents occasionnés dans les manipulations que nécessite le moulinage; ces déchets varient nécessairement avec les qualités naturelles de la soie, les soins qu'on a apportés à son tirage, ainsi qu'avec le nombre de préparations qu'on lui a fait subir. La perte est donc plus considérable pour l'organsin que pour la trame; on estime cette perte de 5 à 10 p. 100 pour la trame, et cette quantité peut s'élever jusqu'à 20 p. 100 pour l'organsin. Il est cependant curieux de faire remarquer que le crépage ou torsion nécessaire au marabout n'occasionne presque pas de déchet; il faut attribuer cette diminution de perte à l'humidité qu'on a soin d'entretenir dans ces moulins. Il serait probablement avantageux d'en faire autant pour les moulins ordinaires; on a constaté en tout temps qu'une légère humidité était favorable aux manipulations et au dévidage de la soie. Aussi les bonnetiers qui emploient la soie mettent-ils la bobine à dévider dans un pot de grès placé dans un second vase plus grand; ils versent de l'eau entre les deux, et l'humidité qui traverse le vase poreux suffit pour faciliter l'opération.

Débouillissage ou décreusage. Les déchets dont nous venons de parler ne sont ni les seuls, ni les plus considérables que la soie éprouve. Le décreusage qu'on est obligé de faire subir à la soie pour lui enlever toute la matière gommeuse dont les fils naturels sont enduits, afin de rendre à ces fils leur flexibilité, leur douceur, leur éclat, et les prédisposer convenablement pour recevoir la matière colorante, lui fait subir un déchet nouveau; la diminution de poids éprouvée par la soie dans cette opération est moyennement de 25 à 26 p. 100.

C'est généralement par une ébullition dans de l'eau de savon que ce dégommage a lieu. On emploie ordinairement une partie de savon pour trois de soie, et on prolonge l'ébullition à pleine eau pendant quatre heures. Cette opération a besoin d'être faite avec soin pour ménager les fils; il faut surtout éviter que la soie puisse adhérer aux parois de la chaudière, ce qui occasionnerait des brûlures.

Le décreusage a été décrit en détail à l'article BLANCHIMENT, nous n'avons pas à nous en occuper davantage; nous dirons seulement qu'on a essayé plusieurs modes de décreusage, et entre autres l'emploi de la vapeur, mais qu'aucun moyen nouveau n'a encore complétement réussi. La vapeur ne laisse pas autant d'éclat et de blancheur aux fils, qui deviennent moins dilatés et moins gonflés qu'ils ne le sont ordinairement après le décreusage au savon. Le décreusage à la vapeur offrant, d'un autre côté, les moyens d'extraire la gomme de la soie, sans mélange, et de pouvoir par conséquent l'utiliser sans frais, il est possible qu'on en revienne à se servir de la vapeur si l'on trouve le moyen de remédier aux inconvénients signalés.

Dénominations de la soie ouvrée. La soie moulinée est désignée dans le commerce sous différents noms, presque tous tirés du genre d'apprêts qu'elle a reçus. Outre les noms de *grége*, de *poil*, de *trame* et d'*organsin* que nous avons définis, on distingue l'*ovale*, qui est une soie faiblement tordue; elle sert à faire des lacets, des broderies, la couture des gants.

La *soie plate* est une soie grége commune, formée par le tirage de 20 à 25 brins ensemble; elle est spécialement réservée pour broder la tapisserie.

La *grenadine* est une soie ouvrée à deux bouts très-serrés; elle sert à faire des effilés, de grandes dentelles quand elle est commune; la plus fine sert à faire des dentelles noires.

La *grenade* est une autre espèce de soie formée par deux bouts très-tordus; on l'emploie surtout pour la passementerie et la fabrication des boutons.

La *fantaisie* provient de la bourre et du frison cardés et filés comme les filaments discontinus; elle sert à la bonneterie et à la fabrication des foulards.

Le *fleuret monté* provient des déchets de soie; on le travaille comme la fantaisie, on lui donne une forte torsion; on la désigne également sous le nom de galettes aux environs de Lyon : le fleuret est employé pour la passementerie; il forme ordinairement la chaîne des galons d'or et d'argent.

Terminons ce travail en rappelant que c'est à Olivier de Serres que la France doit surtout son industrie séricicole. Il publia, en 1599, un ouvrage intitulé : *De la cueillette de la soye par la nourriture des vers qui la forment.* Son but, disait-il, était d'apprendre à tirer des entrailles de la terre le trésor de soye qui y est caché. Henri IV, enthousiasmé à la lecture de ce livre, fit faire par l'auteur, dans le Jardin des Tuileries, les premiers essais, qui eurent un succès complet. ALCAN.

SOLAIRE (CHALEUR). L'utilisation directe pour des emplois industriels de la chaleur solaire, cause première de toute chaleur, de toute action chimique, de toute vie végétale ou animale à la surface de la terre, est une des plus curieuses questions qui puissent être étudiées. Si son utilisation indirecte par l'intermédiaire des corps dans lesquels son action s'est accumulée, les bois, le charbon de terre par exemple, est bien plus facile et plus régulière, l'étude du problème n'en est pas moins digne d'intérêt, et il suffirait de peu de progrès dans les appareils propres à concentrer et emmagasiner la chaleur solaire, pour qu'on parvienne à en tirer parti pratiquement, dans les contrées au moins où le soleil déverse, pendant de longues heures, des quantités de chaleur énormes.

On peut citer les noms de bien des hommes illustres qui se sont proposé de résoudre ce difficile problème : Héron d'Alexandrie (100 ans avant J. C.), Porta (1550), Salomon de Caus (1576), Robert Fludd (1515), Martini (1640), Kircher (1680), Bélidor (1700), Ducarba (1800), Oliver Evans (1821). Archimède ne doit pas être cité ici, puisqu'il s'occupait d'enflammer au loin avec son miroir ardent, et non d'engendrer un travail mécanique.

De nos jours, Ericson entreprit de faire fonctionner une petite machine à vapeur par l'action solaire, ce que faisait en même temps M. Mouchot, professeur de physique au lycée de Tours, qui reprit l'étude théorique de la question, en analysant toutes les connaissances acquises par les recherches modernes sur les propriétés de la chaleur rayonnante, les conditions de sa réflexion et de son absorption, et put construire l'intéressant appareil dont nous allons parler, grâce au libéral encouragement de l'empereur Napoléon III. Ces travaux indiquent l'état le plus avancé de cette curieuse question.

La construction d'un appareil destiné à utiliser la chaleur envoyée sur la terre par le soleil, dit très-bien M. Delahaye (*Revue industrielle*), exige la connaissance plus ou moins complète, 1° de la quantité de chaleur produite en un temps donné sur une surface donnée par le rayonnement solaire ; 2° des pouvoirs de réflexion et d'absorption des différentes substances qui peuvent être employées. Nous rappellerons brièvement les résultats obtenus par les physiciens modernes à ce sujet :

1° D'après les expériences de *Pouillet*, si l'atmosphère n'existait pas, il tomberait en une minute, sur chaque centimètre carré du grand cercle qui sert de base à l'hémisphère éclairé par le soleil, une quantité de chaleur représentée par le nombre 1,7633 en prenant pour unité la quantité de chaleur qui élève de 0° à 1° la température d'un gramme d'eau, soit donc plus simplement la fraction de calorie 0,0017633, et, par suite, pour un mètre carré de surface 17,633 calories. Dans le trajet vertical, l'atmosphère absorbe au moins 21 % et au plus 28 % de la chaleur incidente, même par un beau temps : ainsi, en supposant le soleil au zénith de Paris, on peut admettre que sur 1,000 rayons pénétrant verticalement dans l'atmosphère, il en arrive en moyenne 759 jusqu'à la surface du sol. *Forbes* et *Kaemtz*, à la suite de longues expériences, arrivèrent à cette conclusion que la portion de chaleur qui, dans nos climats, parvient jusqu'au sol, n'est pas aussi grande que le pensait Pouillet : elle représente seulement 53 0/0, et non pas 75 0/0 des rayons émis. D'autre part, des expériences de *Sir John Herschell*, au cap de Bonne-Espérance, l'avaient conduit à penser que la chaleur solaire arrivant verticalement, serait suffisante pour fondre, par minute, une couche de glace de 0 mm. 1195. Pouillet aurait trouvé, de son côté, qu'à Paris, le soleil, par un beau jour, envoie assez de chaleur pour fondre par minute une épaisseur de glace de 0 mm. 1786. Il est facile de se rendre compte que le nombre de calories nécessaires à la fusion de ces poids de glace, serait, pour une surface d'un mètre carré, de 13,932 calories dans le premier cas et de 12,993 calories dans le second. En admettant que le soleil donne par mètre carré, dans notre climat, 10 calories par minute, on doit être sensiblement dans le vrai.

2° Les études de *Melloni* ont fait connaître que la quantité de chaleur rayonnante transmise par une plaque de verre diminue quand l'épaisseur de la plaque augmente ; d'autre part, le verre ne se laisse pas traverser par la chaleur émise par une source obscure. Si l'on dispose sous une cloche de verre une plaque métallique recouverte de noir de fumée, les rayons lumineux viendront échauffer le métal, et la chaleur obscure rayonnée par la plaque ne sortira plus de la cloche. Le noir de fumée possède au plus haut degré le pouvoir d'absorber les rayons calorifiques et lumineux.

3° La chaleur rayonnante se concentre au foyer d'un miroir sphérique sans donner lieu aux pertes qui se produisent quand elle traverse des lentilles, tout en pouvant produire des températures élevées.

Il résulte des recherches de MM. *La Provostaye* et *Desains* que l'argent est le métal qui réfléchit le mieux la chaleur solaire et qu'un miroir argenté en renvoie 92 0/0.

Les éléments que nous venons d'énumérer se trouvent fort convenablement utilisés dans l'appareil combiné par M. Mouchot, que nous allons décrire.

Le récepteur ou générateur solaire se compose de trois pièces distinctes : un miroir métallique à foyer linéaire ; une chaudière noircie, dont l'axe coïncide avec ce foyer ; une enveloppe de verre, laissant arriver les rayons du soleil jusqu'à la chaudière, mais s'opposant à leur sortie dès que celle-ci les a transformés en rayons obscurs. Le miroir a la forme d'un tronc de cône à bases parallèles : la génératrice de ce tronc de cône fait avec l'axe un angle de 45° ; c'est la meilleure forme qu'on puisse assigner à ces sortes de miroirs, parce que les rayons incidents parallèles à l'axe se réfléchissent alors normalement à cet axe, et donnent un foyer d'intensité maximum pour une même ouverture du miroir. La paroi réfléchissante se compose de 12 secteurs, en plaqué d'argent, supportés par un châssis de fer dans lequel ils glissent à coulisse. Le diamètre d'ouverture du miroir est de 2,60m. ; celui du fond de 1 m., d'où il suit que la surface d'insolation normale de l'appareil est de 4 mètres carrés. Le fond du miroir est un disque de fonte, ajouté pour diminuer l'effort du vent.

Au centre de ce disque, s'élève la chaudière, dont la hauteur est celle du miroir. Elle est en cuivre, noircie extérieurement, et se compose de deux enveloppes concentriques en forme de cloche, reliées à leur base par une bride de fer. La plus grande enveloppe a 80 centimètres de haut, la plus petite 50 centimètres ; leurs diamètres respectifs sont de 28 et de 22 centimètres. L'eau d'alimentation se loge entre ces deux enveloppes, de manière à former un cylindre annulaire de 3 centimètres d'épaisseur. Le volume du liquide ne doit guère excéder 20 litres, afin de laisser 10 litres environ pour la chambre de vapeur. L'enveloppe interne reste vide : elle est terminée par un tube de cuivre qui s'ouvre d'un côté dans la chambre de vapeur et communique de l'autre, par un tuyau flexible, soit avec le moteur, soit avec le fourneau d'un alambic. Un second tuyau flexible partant du pied de la chaudière sert à son alimentation. Enfin sur la conduite de vapeur sont fixés les appareils de sûreté.

Quant à l'enveloppe de verre, c'est une cloche de 85 centimètres de haut sur 40 centimètres de diamètre et 5 millimètres d'épaisseur. Elle laisse donc un intervalle constant de 5 centimètres entre ses parois et celles de la chaudière et n'est adhérente que par son pied au fond du miroir.

Ainsi disposé le générateur doit tourner de 15° par heure, autour d'un arbre parallèle à l'axe du monde, et s'incliner graduellement sur cet arbre, eu égard à la

déclinaison du soleil. Pour atteindre ce double but, l'appareil s'appuie par des tourillons sur un arbre perpendiculaire à leur axe, et cet arbre forme, du Nord au Sud, avec l'horizon, un angle égal à la latitude du lieu.

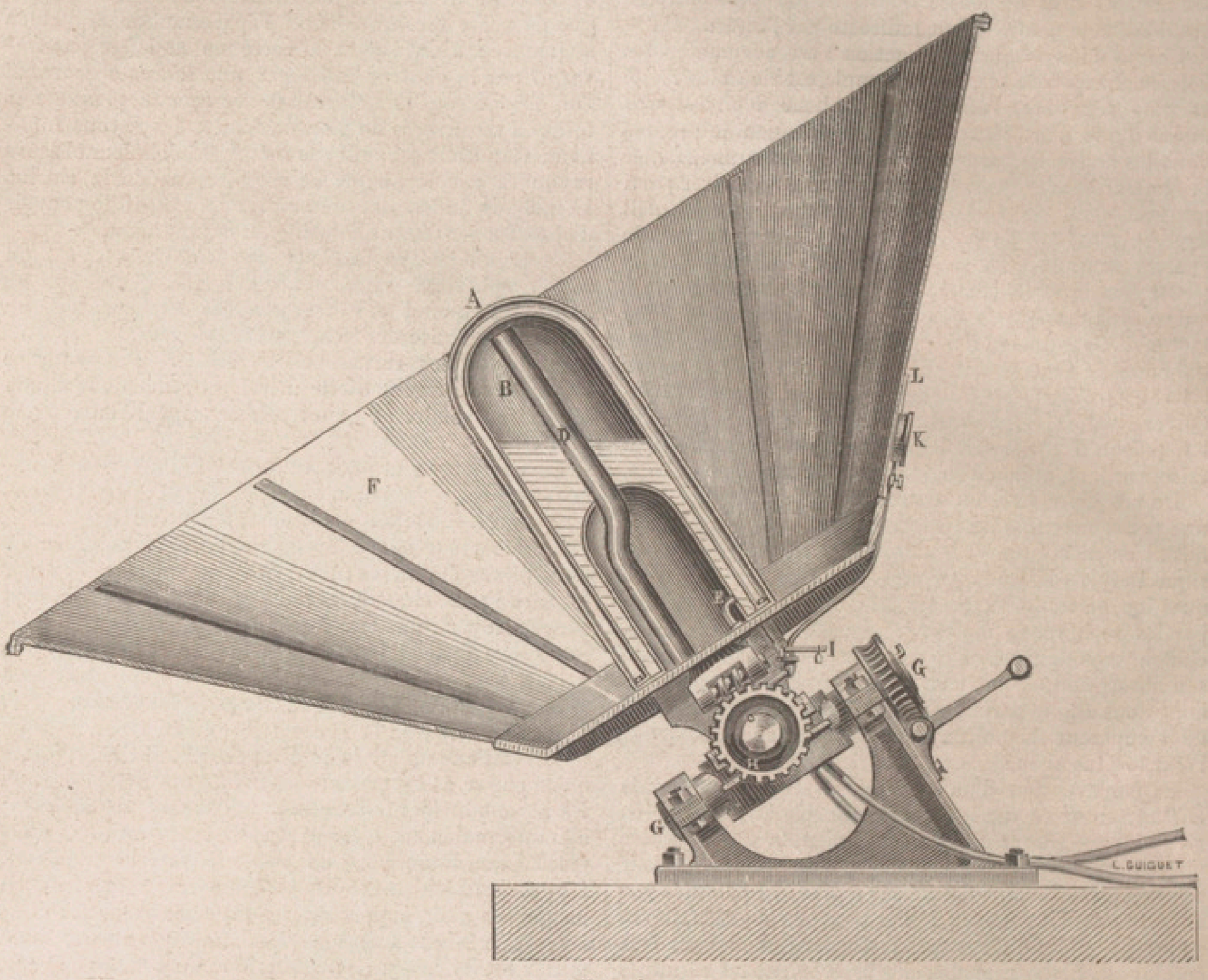


Fig. 1.

De là résultent deux mouvements qui permettent au générateur de suivre le cours du soleil, puisque, par une demi-révolution de l'arbre, il tourne du levant au couchant, tandis qu'une rotation annuelle de 46° au plus sur ses tourillons l'amène en regard du soleil, quelle que soit la position apparente de cet astre. Ces deux mouvements s'effectuent chacun au moyen d'un engrenage à vis sans fin et n'exigent qu'un coup de manivelle, le premier de demi-heure en demi-heure, le second tous les huit jours.

Nous joindrons ici la légende qui permettra de retrouver sur le dessin les diverses parties de l'appareil qui vient d'être décrit. A cloche en verre, B cylindre enveloppe, D tuyau abducteur, E tuyau d'alimentation, F miroir coniqne en plaqué d'argent, G G arbre permettant de varier l'orientation, H roue servant à faire varier l'inclinaison de l'appareil sur l'arbre G G, K manomètre, L niveau d'eau.

Pour compléter la description précédente par quelques résultats d'expérience, il nous suffira d'ajouter qu'avec la chaudière solaire installée à Tours dans les conditions précitées, en quarante minutes, 20 litres d'eau à 20° ont atteint une température de 121°, avec une pression de deux atmosphères, pour s'élever ensuite jusqu'à 5 atmosphères. Avec 15 litres d'eau, en moins d'un quart d'heure, l'eau à 100° atteignait la température de 152°, soit une pression de 5 atmosphères. Enfin, par un temps exceptionnellement chaud, on a pu vaporiser par heure 5 litres d'eau. La vapeur était utilisée à faire fonctionner une pompe élévatoire.

Arrivé à ce point, le générateur solaire parait susceptible d'applications utiles dans les contrées où règne un soleil ardent, dans le midi de la France, mais surtout en Algérie et aux Indes, où l'on peut compter sur 200 jours de grande chaleur par an. Deux perfectionnements doivent permettre d'atteindre une utilisation sérieuse.

Le premier est de mettre le bouilleur solaire en communication avec une chaudière d'une capacité notable, moins parce que celle-ci pourra être chauffée au besoin à l'aide de combustible, que parce qu'elle servira de réservoir de chaleur, utilisant toute l'action solaire même pendant qu'on ne dépensera pas de vapeur. Le second consiste à augmenter les surfaces exposées à l'action du soleil, non-seulement en augmentant autant que possible l'appareil principal, mais encore en dirigeant sur le réflecteur de celui-ci, l'action d'autres surfaces, de doubles réflecteurs simples, peu coûteux, faciles à placer.

Obtenir, par l'action du soleil, l'élévation de l'eau, le battage des grains, et effectuer ainsi une partie du travail des fermes, etc., ce serait un immense résultat.

En regard de celui-ci, nous n'insisterons pas sur des résultats curieux obtenus par des appareils de petite dimension, tels que cuire un pot-au-feu en trois heures, ou de distiller de petites quantités de liquide alcoolique placé dans un cylindre occupant l'axe du réflecteur.

SON (*angl.* bran, *all.* kleie). Le son qui provient de la mouture des céréales est employé pour rembourrer des coussins ou des pelottes, nettoyer les tissus et les gants, faire des emballages, monter les cuves au pas-

tel, etc. Il sert également, surtout délayé dans l'eau, à la nourriture des chevaux, des moutons, des lapins et des volailles.

SON (*acoustique*). Le son est produit par la vibration des corps solides, liquides et gazeuz; ces vibrations sont transmises à nos sens par le secours de l'air; ainsi, en plaçant une sonnerie sous le récipient d'une machine pneumatique, le bruit de la sonnerie devient de plus en plus faible à mesure que l'on raréfie l'air, et finit par ne plus être perceptible.

On distingue dans un son trois choses : son intensité qui dépend de l'étendue des vibrations, son timbre (voy. TIMBRE) qui varie avec la nature même du corps vibrant et la manière dont les vibrations simultanées y sont produites, et le ton qui est déterminé par la vitesse des vibrations.

Quelle que soit la manière dont les vibrations soient produites, la cause ayant cessé d'exister, elles se continueront avec une amplitude ou intensité décroissante jusqu'à ce qu'elles s'éteignent, mais en conservant toujours le même ton. Un morceau de musique se faisant entendre à des distances variables sans autres altérations que dans l'intensité des sons, il s'ensuit que, dans un même milieu, la vitesse de propagation est la même pour tous les sons quel que soit leur ton. Cette vitesse de propagation est d'environ 333^{m} dans l'air calme et non agité par les vents. D'après cela, par exemple, lorsqu'il tonne, la distance à laquelle l'orage éclate est égale à autant de tiers de kilomètre qu'il s'écoule de secondes entre l'instant où l'on aperçoit l'éclair et celui où l'on entend le roulement du tonnerre.

Les sons sont d'autant plus graves que le corps vibrant fait un moindre nombre de vibrations par seconde. Au-dessous de 32 et au-dessus de 8912 vibrations par seconde, on ne peut plus apprécier les sons; un homme ne peut guère rendre des sons plns graves ou plus aigus que ceux qui correspondent à 192 et 633 vibrations par seconde; pour la femme ces limites sont ordinairement de 576 et de 1720 vibrations par seconde.

Sans entrer ici dans le détail du rapport des sons (voy. ACOUSTIQUE), nous dirons seulement que deux sons sont à l'octave l'un de l'autre quand le nombre des vibrations correspondantes sont entre eux comme 1 : 2. Cet intervalle se trouve divisé en 12 demi-tons qui sont égaux dans les instruments dits à tempérament ou à sons fixes.

SONDAGE A LA MER. Il n'y a que peu d'années qu'on s'est occupé sérieusement de mesurer la profondeur des mers. Nos connaissances à cet égard sont encore fort peu avancées. Le bassin de l'Atlantique du N.-E. est à peu près le seul qui ait été assez complétement étudié.

Toutes les études portent à croire que le fond des mers est accidenté comme la surface du continent; qu'il s'y trouve des vallées et des montagnes dont les écueils et les îles qui surgissent au milieu de l'Océan nous représentent les sommets les plus élevés.

Près des rivages, on a observé que la forme du terrain se continuait sous l'eau et que la valeur des dépressions égalait à peu près celle des hauteurs. Ainsi les côtes les plus abruptes sont en même temps les côtes près desquelles la mer est la plus profonde. Près des terres plates et basses, l'augmentation de la profondeur est au contraire lente et graduelle.

La connaissance de la profondeur des mers est devenue très-intéressante depuis la découverte de la télégraphie électrique. On comprend facilement combien l'étude de la configuration du fond de la mer est importante et nécessaire pour l'établissement des lignes sous-marines, et c'est pour y parvenir que les reconnaissances les plus importantes ont été faites.

Méthode pour sonder à de grandes profondeurs. L'expérience a démontré qu'au delà de 2,500 à 3,000 mètres on ne peut accorder aucune confiance aux sondes faites par les moyens habituels, c'est-à-dire avec un plomb de sonde auquel est fixée une ligne en filin.

Par suite de cette difficulté, on a eu recours à un grand nombre de procédés; nous croyons qu'il est inutile de les énumérer ici; aucun de ces procédés n'ayant donné de résultats satisfaisants pour résoudre le problème par les moyens directs, on a tenté d'y parvenir par une voie détournée. En poursuivant les opérations, on prit l'habitude de noter exactement le temps qu'un poids déterminé met à descendre de 183 en 183 mètres (100 fathoms), puis en employant toujours des lignes de même dimension, identiques en poids et en volume, on parvint à établir une loi empirique des vitesses pour la descente. Des expériences répétées avec un boulet du poids de 14^{k},5 ont donné pour résultat :

PROFONDEUR en mètres.	DURÉE de la descente.	PROFONDEUR en mètres.	DURÉE de la descente.
183.....	1^{m} 02^{s}	2930.....	4^{m} 08^{s}
366.....	1 25	3110.....	4 19
549.....	1 43	3290.....	4 23
732.....	2 05	3370.....	4 29
915.....	2 21	3660.....	4 32
1098.....	2 34	3840.....	4 45
1281.....	2 44	4020.....	4 49
1460.....	2 56	4210.....	5 01
1640.....	3 07	4390.....	5 04
1830.....	3 18	4570.....	5 01
2010.....	3 26	4750.....	4 58
2200.....	3 39	4940.....	5 18
2380.....	3 43	5120.....	4 38
2560.....	3 50	5300.....	4 44
2740.....	4 00	5490.....	4 40

A l'aide de cette loi on peut apprécier avec assez d'exactitude le moment où, le poids cessant d'entraîner la ligne, celle-ci n'obéit plus qu'à l'action des courants sous-marins, car ces courants lui impriment une vitesse uniforme, tandis que le poids lui communique une vitesse croissante. Néanmoins on ne peut obtenir ainsi qu'une approximation.

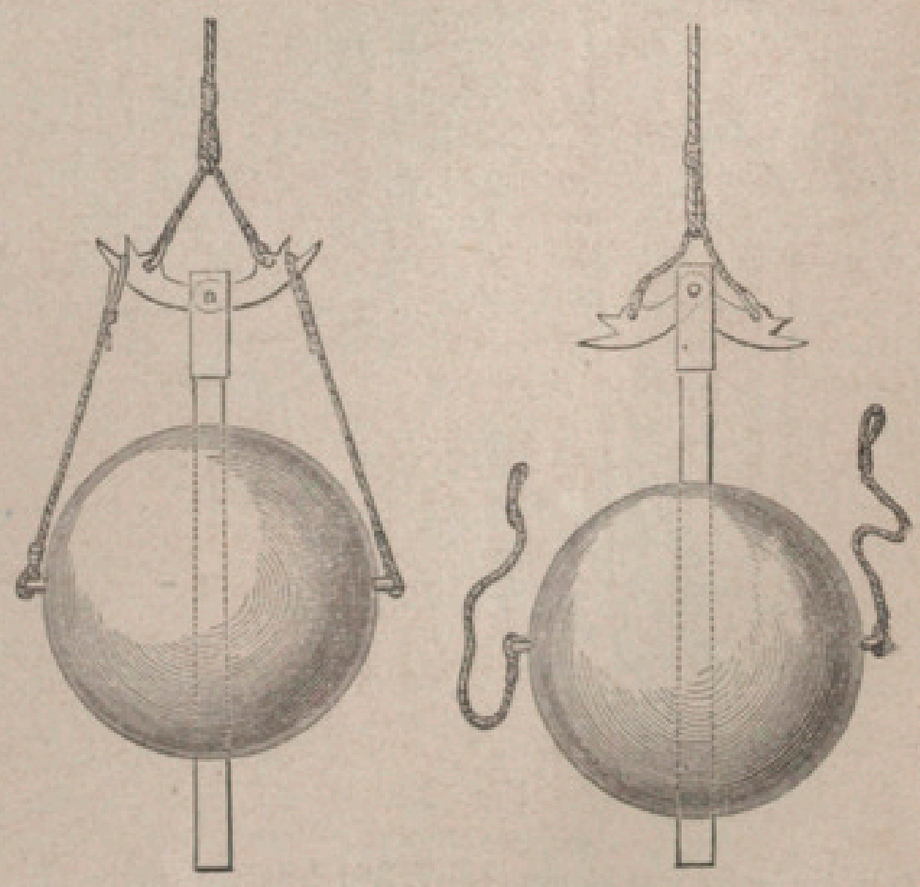


Fig. 1.

Les lignes qu'on emploie sont éprouvées à une tension de 14 kilogrammes, et 183 mètres de ces lignes pè-

sent environ un demi-kilo. Elles ont une longueur de 18,000 mètres et elles s'enroulent sur un cylindre qui peut tourner librement. Les sondes sont faites dans une embarcation et non à bord du navire, parce que la dérive est moins grande et qu'on est plus sûr du moment où le poids touche le fond.

Le poids qui fait descendre la ligne est habituellement un boulet de 14 ou de 29 kilogrammes, traversé suivant un diamètre par une tige qui porte un déclic à sa partie supérieure, et auquel la ligne de sonde est fixée par une patte d'oie (fig. 1). Le boulet est porté par les deux pointes inférieures du déclic pendant la descente et il y est maintenu par deux attaches à boucles qui décapèlent lorsque le choc du boulet contre le fond fait renverser le déclic.

Ce système de déclic très-simple est dû au midshipman Brooke, de la marine américaine; le sondeur ainsi perfectionné a pris son nom et s'appelle sondeur Brooke. Le talon de la tige est creusé et garni de suif pour procurer l'adhérence du fond et en rapporter des spécimens.

Dans la campagne hydrographique du *Phare*, dit Kerhalet, pendant laquelle nous avons dressé les cartes du détroit de Gibraltar, nous nous sommes servis d'un sondeur préférable, dans notre opinion, à celui de Brooke. Ce sondeur (fig. 2), dont la description se trouve dans les

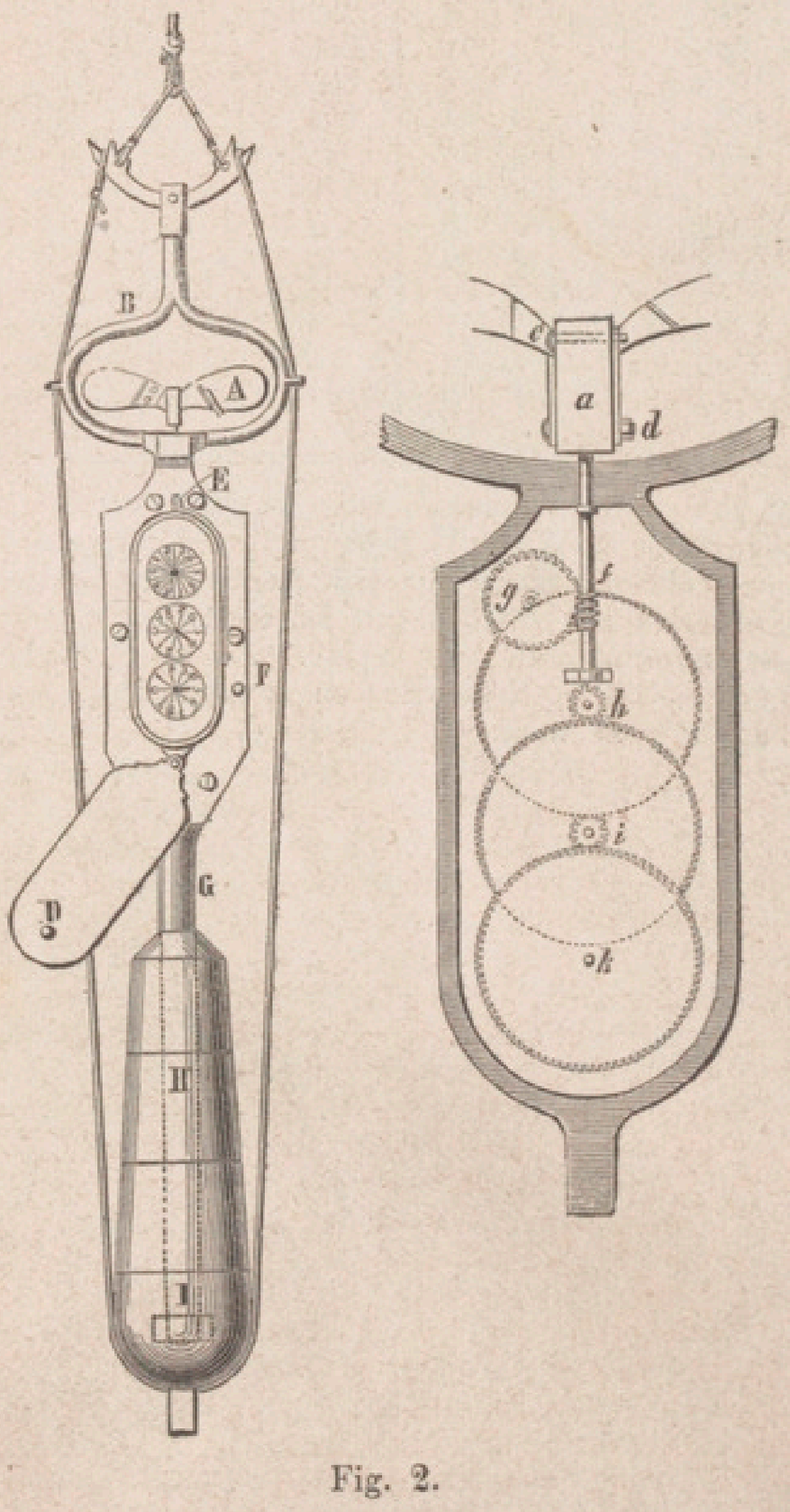


Fig. 2.

Annales hydrographiques (1857, 3e trimestre, page 276), a sur le précédent le grand avantage d'indiquer, au moyen de roues dentées, les dizaines, les centaines et les mille de mètres filés, jusqu'à 10,000 mètres. On peut sans difficulté appliquer à ce sondeur pour les très-grands fonds le système de déclic du sondeur Brooke

SONDAGE A LA MER.

Par le mode d'enregistrement de cet instrument on obtient la profondeur avec bien plus d'exactitude qu'en la calculant par le temps employé par la descente. Malgré les violents courants du détroit, nous avons pu sans déclic et avec les moyens ordinaires, sonder exactement au moyen de cet instrument par des profondeurs de 1,010 mètres; cette profondeur est la plus grande que l'on obtienne dans le détroit de Gibraltar, un peu à l'E. de la ligne qui relierait Gibraltar à Ceuta. On peut à volonté varier le poids suivant les profondeurs, et sous la tige qui le traverse sont placés des tuyaux de plumes ordinaires destinés à recevoir et à rapporter les spécimens du fond. Dans le sondeur employé à bord du *Phare*, les ailettes héliçoïdales du sondeur Lecoëntre font tourner la vis sans fin qui donne le mouvement à un système de roues dentées et de pignons constituant un compteur qui fonctionne bien, de sorte qu'on peut lire directement la profondeur à laquelle le poids a touché le fond, tout en comparant le résultat à la longueur de la ligne filée, ou au temps employé pendant la descente.

BATHOMÈTRE DE WILLIAM SIEMENS. L'auteur de cet ingénieux appareil est parti de l'idée que la gravitation totale de la terre, mesurée à sa surface normale, est composée des attractions séparées de toutes ses parties, et que l'influence attractive de volumes égaux des diverses matières varie en raison directe de leur densité, et en raison inverse du carré de la distance au point où se prend la mesure.

La densité de l'eau de mer est environ 1,026; celle des solides constituant la croûte de la terre est environ 2,763, densité moyenne de la pierre calcaire des montagnes, du granit, du basalte, du schiste et du grès; il en résulte que la présence d'une couche d'eau de mer doit exercer une influence sensible sur la gravitation totale du globe, si l'on en prend la mesure à la surface de la terre.

On détermine mathématiquement la valeur de cette influence, en considérant d'abord la puissance attractive d'une couche mince de substance située dans un plan perpendiculaire au rayon de la terre, en supposant que la terre soit une sphère parfaite, de densité uniforme, non soumise à l'action de la force centrifuge.

On démontre que l'attraction A, exercée par chaque tranche semblable, est représentée par l'expression

$$d^2 A_1 = 2\pi\, dh \sin a\, da;$$

h est la distance verticale de la tranche au point d'attraction.

En intégrant cette expression d'abord entre les limites $h = 0$ et $h = R$, R étant le rayon de la terre puis entre les limites $a = 0$, $a = 2\pi$, on a:

$$(1) \qquad A_1 = 2\pi h \left(1 - \frac{2}{3}\sqrt{\frac{h}{2R}}\right).$$

Dans cette expression, on peut négliger le terme $\sqrt{\frac{h}{2R}}$ pour les petites valeurs de h; et la formule devient

$$(2) \qquad A_1 = 2\pi h;$$

A_1 représente l'attraction totale due à la profondeur h, que nous supposerons être celle de la mer en l'endroit considéré. Pour avoir l'attraction totale A de la terre, il faut dans la première formule (1) faire $h = 2R$, ce qui donne :

$$(3) \qquad A = \frac{4}{3} R\pi;$$

On en conclut:

$$(4) \qquad \frac{A_1}{A} = \frac{2\pi h}{\frac{4}{3}\pi R};$$

Ou, définitivement :

$$(5) \qquad \frac{A_1}{A} = \frac{h}{\frac{2}{3}R}.$$

Il en résulte que, si l'eau de mer n'était pas pesante, l'attraction totale de la terre mesurée à la surface de la mer diminuerait dans le rapport de la profondeur h à $\frac{2}{3}$R; et en tenant compte du poids de l'eau de la mer, la pesanteur diminuerait au niveau de la mer dans le rapport de la profondeur h à $\frac{614}{579}$R, ou à peu près comme h est à R.

Ce rapport serait absolument exact, si l'intérieur de la terre avait la densité de sa surface pierreuse; mais le coefficient que nous venons d'obtenir doit être diminué par rapport à la densité de la surface pierreuse, ou à peu près dans le rapport de $\frac{2.75}{5,4}$. M. Siemens pense, toutefois, qu'il est plus sûr de ne pas se reposer entièrement sur ces déductions mathématiques dans la construction de l'échelle à mettre en usage, et il préfère recourir à des comparaisons faites avec la ligne de sonde.

Le bathomètre consiste principalement dans une colonne de mercure verticale contenue dans un tube d'acier, ayant à ses deux extrémités des lèvres en forme de coupe, de manière à augmenter les surfaces terminales du mercure. La coupe inférieure est fermée au moyen d'un diaphragme fait avec une mince feuille d'acier plissé, et le poids de la colonne de mercure est balancé au centre du diaphragme par la force élastique, indépendante de la gravité, de deux ressorts d'acier en spirale trempés convenablement, et de même longueur que la colonne de mercure (fig. 3).

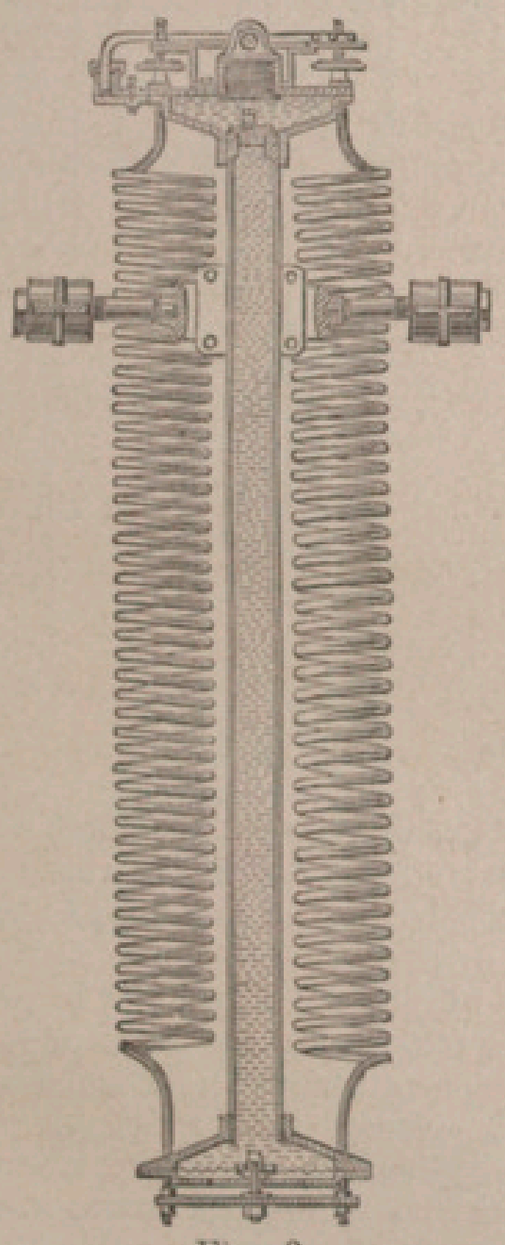


Fig. 3.

Une des particularités de cette disposition mécanique, c'est qu'elle est parathermale, la diminution de la force élastique des ressorts, par suite de l'élévation de température, étant compensée par une diminution semblable de force potentielle dans la colonne de mercure, diminution qui dépend des proportions données aux surfaces du tube d'acier et de ses lèvres en forme de coupe.

SONDAGE A LA MER.

L'instrument est suspendu à une petite distance au-dessus de son centre de gravité, au moyen d'un joint universel, dans le but de lui faire conserver la position verticale, malgré le mouvement du navire; les oscillations verticales du mercure sont presque entièrement évitées à l'aide d'une contraction locale de la colonne de mercure, réduite à un très-petit orifice. La lecture de l'instrument s'effectue au moyen du contact électrique que l'on établit entre l'extrémité d'une vis micrométrique et le centre du diaphragme élastique. Le pas de la vis et les divisions de sa circonférence sont proportionnées de manière que chaque division représente la diminution de pesanteur due à une brasse de profondeur.

Les variations de la pression atmosphérique n'ont aucun effet sur la graduation de cet instrument, mais il serait nécessaire, jusqu'à un certain point, de faire une correction pour les variations de densité atmosphérique, car ces variations affectent le poids relatif de la colonne de mercure; mais dans la pratique on peut se soustraire à la nécessité de cette correction en excluant la pression atmosphérique, tant de la surface supérieure que de la surface inférieure du mercure: il suffira pour cela de réunir les deux extrémités de la colonne. La seule correction qui soit indispensable est celle due à la latitude; elle est donnée par un tableau qui accuse des variations moindres sur mer que sur terre: cette diminution est due à l'absence des masses qui s'élèvent au-dessus de la surface, à la distance plus grande des masses irrégulières des constituants de la terre, et enfin à la densité très-uniforme de l'eau de mer.

A ce tableau sont jointes des tables donnant les résultats des observations faites avec cet instrument dans une double traversée de l'Atlantique à bord du bateau à vapeur le *Faraday*. Ces mesures ont été prises pendant l'expédition du navire destinée à la pose des câbles sous-marins. Les relevés de l'instrument étaient comparés avec ceux des sondages que l'on faisait au moyen de l'appareil à fil d'acier de sir William Thomson; dans tous les cas, ces comparaisons ont été suivies d'un accord aussi complet qu'on pouvait le désirer, en tenant compte du fait que la ligne de sonde donne la profondeur immédiatement au-dessous du navire, tandis que le bathomètre donne la profondeur moyenne d'une certaine surface dont l'étendue dépend de la profondeur; on a pu s'assurer aussi que les deux instruments s'accordent, sur une pente unie, autant qu'on pouvait l'espérer.

Il y a lieu de croire que le bathomètre peut rendre des services précieux aux marins, en les avertissant des changements de profondeur longtemps avant qu'ils aient atteint un fond dangereux. Le bathomètre a permis dans un cas de découvrir l'extrémité perdue d'un câble télégraphique par la seule connaissance de la profondeur de la mer au point où cette extrémité avait été perdue. On pourra aussi, au moyen du bathomètre, reconnaître la position d'un navire sans relevés astronomiques, lorsque les lignes d'égale profondeur de l'Océan seront connues exactement.

Résultats des grandes sondes. Les plus grandes profondeurs auxquelles on ait atteint le fond de la mer, se trouvent dans l'océan Atlantique du Nord; et autant qu'on en peut juger par les sondages exécutés jusqu'à ce jour, les profondeurs de cet océan approcheraient de 8,244 mètres. La partie située entre les parallèles de 35° et de 40° de latitude N. et les méridiens de 40° et de 65° de longitude O., immédiatement au S. des grands bancs de Terre-Neuve, est celle qui paraît offrir les plus grands fonds. Entre l'Irlande et Terre Neuve

SONDAGE.

s'étend un plateau dont la profondeur ne dépasse pas 3,000 mètres; c'est sur ce plateau qu'on a fait passer le câble du télégraphe électrique destiné à relier l'Angleterre aux États-Unis. Dans l'océan Atlantique du S., il paraît problable que les plus grandes profondeurs se trouvent au S. du parallèle de 35°. On a fait dans cette partie de l'océan trois grandes sondes, l'une de 15,149 mètres, l'autre de 14,091 mètres, et la dernière de 12,000 mètres. Toutefois aucune de ces sondes n'a donné de résultat satisfaisant, et plusieurs autres, faites depuis dans ces mêmes parages, ont accusé des profondeurs de 7,000 et de 5,490 mètres.

Dans le golfe du Mexique la profondeur maximum obtenue est de 1,800 mètres. Dans l'océan Pacifique les officiers américains ont obtenu des sondes avec spécimens du fond à des profondeurs de 6,039 mètres, de 4,860 mètres et 3,770 mètres. L'amiral du Petit-Thouars en a fait une de 4,000 mètres sans obtenir le fond et une de 3,790 mètres.

Dans l'océan Indien les officiers américains affirment avoir fait une sonde de 12,672 mètres, qui nous paraît douteuse, d'autant plus que la ligne a cassé et qu'on n'a pu par suite avoir de spécimen du fond. Dans cette même mer, l'amiral du Petit-Thouars a fait une sonde de 1,584 mètres. Ces deux mers sont du reste encore fort peu connues sous le rapport de la profondeur.

Dans les mers polaires, Scoresby a sondé par 76° et 77° de latitude N. jusqu'à 2,200 mètres sans trouver le fond, et Ross a eu 1,739 mètres sur le parallèle de 67° S. La profondeur des mers serait donc considérable si ces sondes ont été faites exactement et si le poids n'a pas été entraîné par les courants, ce qui nous paraît assez probable.

Dans le bassin O. de la Méditerranée, le plus grand fond qu'on ait obtenu est de 2,900 mètres; dans le bassin E., entre Malte et Candie, on a eu 3,970 mètres; entre Rhodes et Alexandrie, 2,930 mètres. Quant aux autres mers intérieures, elles sont comparativement peu profondes, et l'on peut facilement les étudier sur les cartes de navigation.

SONDAGE, SONDE. La sonde est un instrument servant à forer, dans des terrains quelconques, des trous d'un faible diamètre, servant le plus souvent à la recherche des nappes d'eaux souterraines ascendantes (voyez *puits* ARTÉSIENS), ou à celle de couches perméables absorbantes, permettant de se débarrasser des eaux superficielles dont on veut se défaire. C'est au moyen de trous de sonde, dans lesquels on installe des pompes élévatoires, qu'on exploite souvent, par dissolution, les bancs de sel gemme ou de terrains salifères. On emploie aussi la sonde, soit pour l'exploitation des terrains stratifiés et surtout des terrains houillers, soit pour forer des cheminées servant à l'écoulement des eaux ou à l'aérage d'une mine, soit enfin pour reconnaître le gîte en arrière des fronts de taille ou de galeries, lorsqu'on craint de rencontrer des eaux remplissant d'anciens travaux ou des cavités naturelles. Enfin, on se sert fréquemment de petites sondes, dans les travaux publics, etc., pour reconnaître jusqu'à une certaine profondeur la nature du sol sur lequel on doit asseoir ces travaux.

Le sondage à de grandes profondeurs peut s'opérer par trois procédés distincts : 1° le sondage avec une sonde à tige rigide, dans lequel on est obligé de remonter fréquemment la sonde pour curer le trou au moyen d'outils particuliers; c'est le procédé le plus long et le plus coûteux, mais il est cependant encore presque exclusivement employé en France; 2° le sondage à la corde ou sondage chinois; 3° le sondage avec une sonde à tige rigide, tubulaire, et dans laquelle le curage du trou est supprimé, par le procédé que M. Fauvelle, de Perpignan, a fait connaître dans la séance du 31 août 1846 de l'Académie des Sciences, qui n'est pas entré dans la pratique. Après avoir décrit ces trois procédés, nous dirons quelques mots sur des sondes particulières, et d'une application toute spéciale, que l'on rencontre quelquefois dans les arts.

I. SONDAGE AVEC SONDE ORDINAIRE A TIGE RIGIDE.

Composition d'une sonde. — Une sonde ordinaire se compose de la *tête*, qui sert à suspendre la sonde; des *outils*, qui attaquent la roche au fond du trou ou sur ses parois, et des *tiges*, qui réunissent la tête aux outils.

Tête. — La tête de la sonde (fig. 2338) se compose d'un anneau tournant A, par lequel la sonde est suspendue, et d'un ou deux œils B, C, destinés à recevoir des leviers pour faire tourner la sonde.

Tiges. — Les tiges sont ordinairement en fer carré de 0m,025 de côté pour un trou de 0m,06 à 0m,07 de diamètre et 20m au plus de profondeur; de 0m,030 de côté pour un trou de 0m,08 à 0m,10 de diamètre et 20m à 50m de profondeur; de 0m,035 de côté pour un trou de 50 à 150m de profondeur, etc. Chaque bout de tige a ordinairement au plus 5 à 6m de longueur. Ces bouts sont assemblés entre eux avec la tête et avec les outils, soit à enfourchement (fig. 2339), soit à vis et à douille (figure 2340). Ce dernier mode d'assemblage est le plus habituellement usité; il n'a d'autre inconvénient que de ne pouvoir se prêter au mouvement de rotation que dans un seul sens. La tête de sonde est toujours terminée par une douille, et les tiges portent toutes une vis et une douille, de sorte que toutes les douilles tournent leur ouverture vers le bas; cette disposition a pour but de maintenir les assemblages aussi propres que possible.

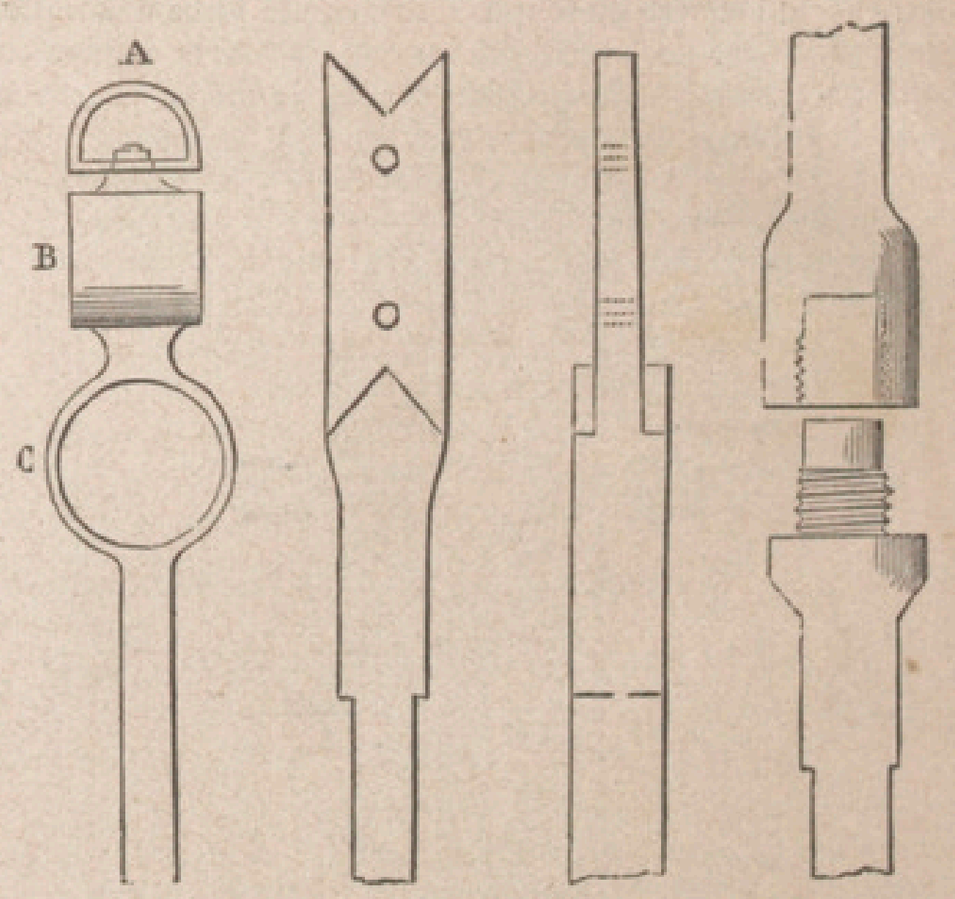


Fig. 2338. Fig. 2339. Fig. 2340.

Outils. — Les outils servent, soit à entailler la roche, soit à extraire les débris des roches broyées, soit enfin à retirer du fond du trou les parties brisées de la sonde.

Les outils qui servent à entailler la roche se divisent également en plusieurs classes, suivant qu'ils attaquent la roche par son extrémité ou latéralement, et surtout suivant qu'ils agissent par rotation ou par percussion.

Les outils agissant par percussion sont exclusivement employés dans les roches qui offrent une certaine dureté; on leur donne le nom de *trépans* ou de *ciseaux*. Le tranchant du trépan simple est droit (fig. 2341), courbe ou à pointe et à double biseau; ce biseau doit être d'autant plus obtus que les roches à attaquer sont plus dures. Dans le sondage d'un grand diamètre, on se sert souvent du *trépan à teton* (fig. 2343), qui porte en son

SONDAGE.

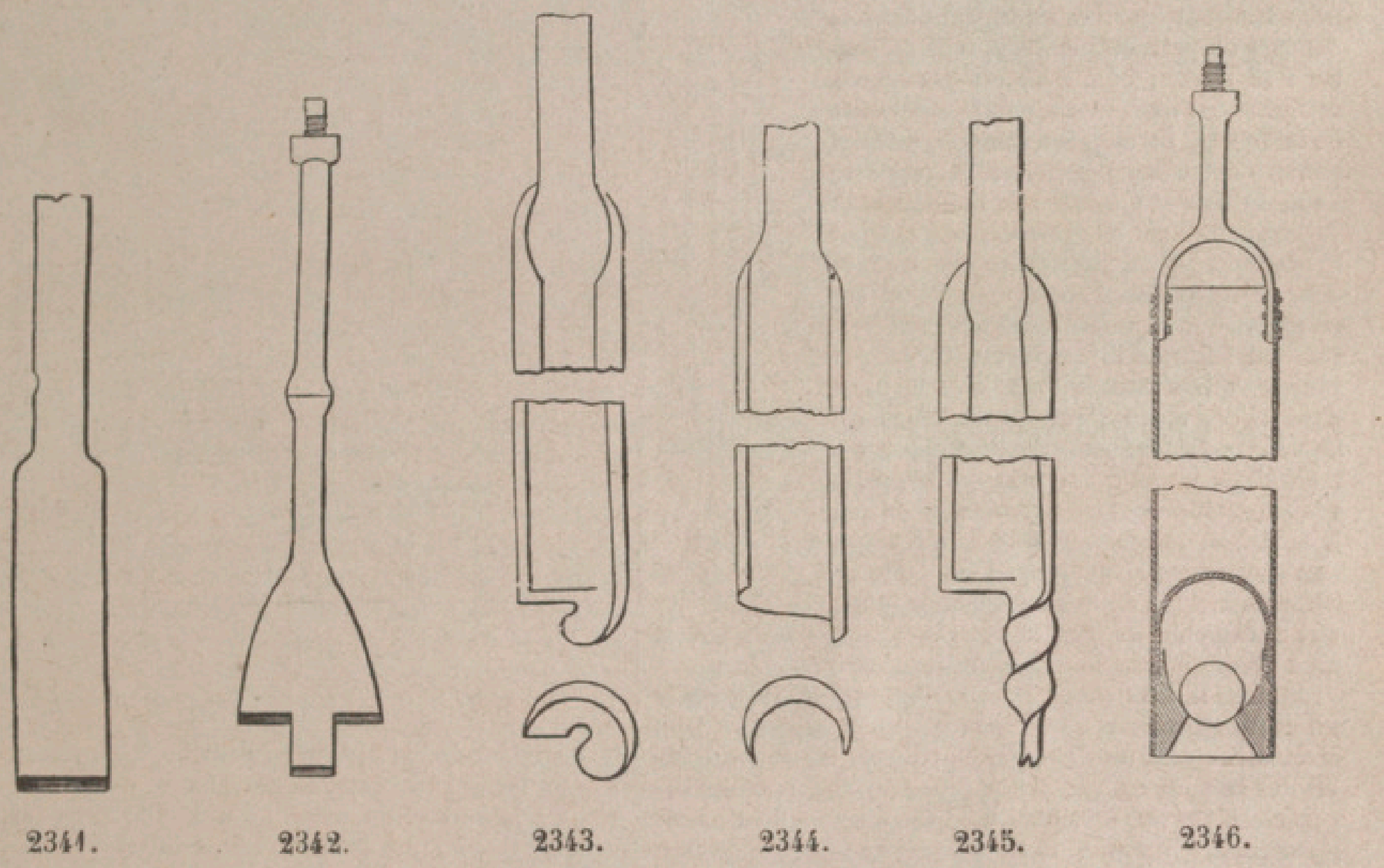
milieu un second ciseau plus petit ou téton, servant à commencer le trou sur un plus faible diamètre. On se sert aussi quelquefois de trépans à tranchants en croix. On emploie souvent pour couper les rognons de silex que l'on rencontre dans les terrains de craie, une cloche cylindrique creuse, à bords tranchants et aciérés, qui agit par percussion.

Dans les terrains tendres et friables, on se sert quelquefois d'outils agissant par rotation, et qui servent en même temps à ramener au jour les matières désagrégées; ce sont les *tarières* (fig. 2343). Dans les argiles on supprime la mèche; la tarière ainsi modifiée (figure 2344) est connue sous le nom de *tarière à glaise*. Enfin, dans les sables faiblement agrégés, on remplace souvent (fig. 2345) la mèche de la tarière ordinaire par un *trépan rubanné*, destiné à désagréger le sable que la tarière ramène ensuite au jour sous la forme de carotte.

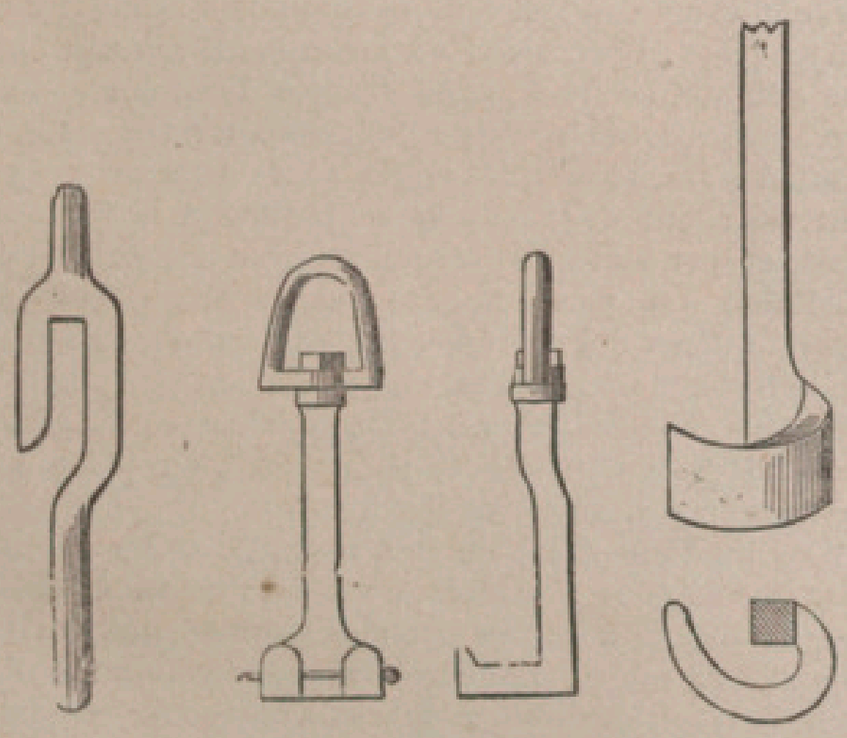
quel on fixe dans le plan passant par son axe, quatre ou un plus grand nombre de lames à tranchant aciéré. Pour aléser ou équarrir les trous, lorsque cela est nécessaire, M. Degousée emploie souvent un outil qui consiste en une forte tige en fer, sur laquelle sont fixés deux disques en fer réunis entre eux par quatre barres carrées en fer aciéré, qui sont bombées et attaquent les parois du trou par leurs arêtes : cet outil agit en rodant.

On se sert pour le curage des trous, soit de tarières, soit, le plus souvent, de cylindres avec soupapes à boulets, avec ou sans tige (fig. 2346), que l'on suspend tantôt à l'extrémité des tiges, tantôt, et presque toujours, à l'extrémité d'une corde.

Les outils dont on se sert pour la manœuvre de la sonde, sont : la *clef de retenue* (fig. 2347), qui se place au-dessous d'un renflement de la tige, et qui sert à maintenir la sonde suspendue dans le trou; le *pied de bœuf* ou *clef de relevée* (fig. 2348), qui saisit également la ligne des tiges sous un épaulement, et qui sert à suspendre la tige au câble de l'engin; et le *tourne à gauche*, de même forme que la clef de retenue, qui est employé pour désassembler les tiges.



2341. 2342. 2343. 2344. 2345. 2346.



2347. 2348. 2349.

Les outils destinés à retirer du fond du trou les parties brisées de la sonde, portent le nom d'outils accrocheurs; ce sont la caracole, le tire-bourre, la cloche à écrou et les accrocheurs à pièces avec ou sans ressorts : la *caracole* (fig. 2349) sert à saisir une tige brisée au-dessous d'un collet, pour la ramener au jour avec la portion de la sonde liée à cette tige. Le *tire-bourre*, qui a absolument la forme des tire-bourres employés pour décharger les armes à feu, n'est guère employé que pour retirer la corde du cylindre à soupape, lorsqu'elle s'est rompue et qu'une partie est restée dans le trou avec la cloche. La *cloche à écrou* est une cloche conique, portant intérieurement un filet de vis triangulaire en acier trempé, destiné à mordre sur la tête d'une tige restée dans le trou, et que l'on ne peut saisir avec la caracole, parce que la rupture a eu lieu à une trop grande distance d'un nœud d'assemblage. L'*accrocheur à pinces* le plus efficace est celui de *Kind*, et est représenté figure 2350; il remplace avec avantage la cloche à écrou. Il se compose d'un fort anneau en fer *a*, évidé à l'intérieur en forme d'entonnoir, et lié à une fourche

On se sert ordinairement pour élargir les trous, quand il en est besoin et qu'ils ne sont pas tubés, d'un outil qui se compose d'un cylindre d'un diamètre un peu plus faible que celui du trou, et sur le contour du-

SONDAGE.

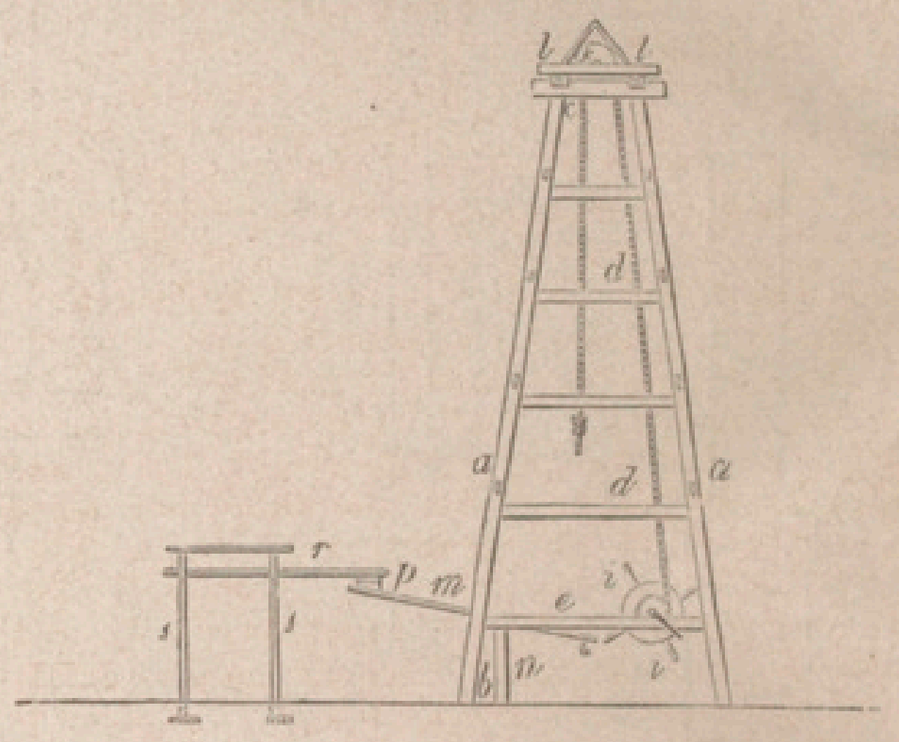
dout les deux branches *b* se réunissent en *c*, à une tige carrée *d*, sur laquelle est enfilé un coulant *e*, qui peut monter et descendre le long de cette tige depuis la bifurcation *c* jusqu'au goujon *h*; au coulant *e*, sont suspendues par des retours d'équerre *g*, *g*, les deux branches *f*, *f*, de la pince, dont les extrémités sont encore engagées dans l'anneau *a*, lorsque le coulant *e* a été remonté jusqu'à venir buter contre le goujon *h*. Ces deux branches, qui sont dentelées et aciérées intérieurement, se rapprochent en s'enfonçant dans l'intérieur de l'anneau *a*, lorsque le coulant descend. Pour se servir de cet accrocheur, on le visse au bas de la ligne des tiges, on repousse le coulant *e*, contre le goujon d'arrêt *h*, on écarte avec la main les mâchoires dentelées des pinces, et on les maintient écartées en logeant dans la denture un petit étai en bois, puis on descend la sonde ; quand on est parvenu à coiffer avec l'anneau *a* la partie supérieure de la tige ou de la pièce rompue, celle-ci pénètre entre les mâchoires et repousse l'étai de bois qui tombe ; le coulant *e*, et les branches de la pince descendent par leur propre poids, jusqu'à ce que les mâchoires dentelées viennent s'appliquer sur la pièce, sur laquelle les dents sont serrées par suite de la forme extérieure des pinces, qui s'introduisent, à la manière d'un coin, entre l'anneau et la pièce. Quand on relève ensuite la sonde, ces mâchoires serrent d'autant plus que le système des pinces est tiré vers le bas par le poids, et la résistance de la pièce que l'on veut ramener au jour. Une sorte de caracole *k*, fixée au-dessous de l'anneau *a*, sert à ramener au besoin dans la position verticale et dans l'axe du trou la tige à coiffer avec l'anneau.



2350.

Manœuvre de la sonde, engins. On place d'abord sur le sol un fort madrier, dans lequel on a pratiqué un trou circulaire ayant un diamètre de très peu supérieur à celui des trépans ; il sert à empêcher les éboulements superficiels. On traverse ensuite la terre végétale et même les argiles, s'il y en a, avec une tarière à bras, en ayant soin de maintenir l'outil bien vertical, ce qui se fait quelquefois en le dirigeant au moyen d'un arbre foré, de 1 à 2^{m} de longueur, qu'on plante dans le sol. D'autres fois, on traverse la terre végétale par un puits d'un diamètre assez grand, au fond duquel on commence le sondage. Cette disposition est surtout à recommander pour les forages qui doivent être poussés à une profondeur considérable, parce qu'elle active de beaucoup l'assemblage et le désassemblage des tiges, en augmentant de fait de la hauteur du puits la hauteur de l'engin qui sert à cette manœuvre. Arrivé au roc dur, on substitue à la tarière un trépan simple à biseau, plus ou moins obtus, que l'on soulève à bras et que l'on fait battre, en lui faisant faire chaque fois 1/5 à 1/6 de tour, et en jetant de l'eau dans le trou, quand il est sec, pour rafraîchir les outils et les empêcher de se détremper. Lorsqu'on a atteint une profondeur de 8 à 10^{m}, il est nécessaire de recourir à un engin pour soulever la sonde.

La fig. 2351 donne l'élévation d'un engin à quatre montants, d'une simplicité remarquable et d'une manœuvre très facile, employé par l'ingénieur allemand Kind dans les sondages à des profondeurs moyennes, de 80^{m} au plus. *a*, *a*, sont les montants de l'engin, fixés à leur partie inférieure sur des semelles *b*, *b*, reliés à leur partie supérieure par les pièces *c*, *c*, et consolidés dans l'intervalle par des entretoises *d*, *d*, sur lesquelles on pose quelques planches servant à faciliter l'accrochage et le dévissage des tiges à une hauteur quelconque ; F, est le treuil sur lequel s'enroulent deux cordes dont l'une sert à descendre et à remonter la sonde, et l'autre à la manœuvre du cylindre à soupape ; jusqu'à une profondeur de 30^{m}, on fait mouvoir le treuil avec deux manivelles ; au-delà, on le fait tourner en agissant sur les extrémités des leviers *i*, *i*; au sommet de l'engin se trouve la poulie de renvoi *k*, sur laquelle passe la corde qui sert à relever la sonde. Pour des trous de 10 à 20^{m}, on se sert de la même corde pour relever la sonde et pour manœuvrer le cylindre à soupape ; pour des trous plus profonds, on emploie deux cordes distinctes ; la corde qui sert à descendre le cylindre à soupape passe sur une poulie de renvoi placée à la partie supérieure de l'engin, et est manœuvrée, suivant le cas, soit à bras, soit au moyen du treuil F, soit à l'aide d'un treuil particulier.



2351.

Le levier de battage *m m*, peut basculer autour d'un axe en fer qui traverse les poteaux *n*, *n*; on suspend la tête de la sonde, au moyen d'une chaîne en fer, à un crochet fixé à l'une des extrémités du levier de battage, tandis qu'à l'autre bout, en *p*, on adapte une barre transversale sur laquelle les ouvriers agissent pour soulever la sonde ; quand celle-ci retombe ensuite par son propre poids, l'excursion du levier *m* est limitée, parce que son extrémité *p* vient frapper l'extrémité d'une perche élastique en bois *r*, solidement fixée entre les montants *s*, *s*, et faisant ressort. Cette disposition a surtout pour but de diminuer de beaucoup le fouet des tiges, et par suite de prévenir en grande partie la dégradation des parois du trou et les fréquentes ruptures des tiges qui en résultent ; souvent aussi, on facilite le battage de la sonde, en équilibrant une partie de son poids, lorsque la profondeur devient considérable, par l'addition d'un contre-poids que l'on place vers l'extrémité *p* du levier de battage.

Sauf les dimensions, on peut aisément se servir, avec quelques légères modifications, de l'engin ci-dessus pour le forage à de très grandes profondeurs. On fait mouvoir au moyen d'une roue à marches, munie d'un frein, le treuil servant à monter et à descendre la sonde ; un petit treuil à manivelles séparé dessert le cylindre à soupape pour curer le trou. Le levier de battage est tantôt mû à bras, tantôt soulevé par des cames mises en mouvement soit par un treuil séparé, soit par la roue à marches ci-dessus ; la meilleure disposition à adopter pour ces cames est de les composer d'un certain nombre

de rouleaux mobiles sur leurs axes et ajustés entre deux disques parallèles disposés comme ceux d'une lanterne.

L'attaque du terrain se fait, comme nous l'avons dit, soit au moyen de trépans, soit au moyen de tarières; avec les trépans, qui sont seuls employés dans les terrains durs et résistants, on broie les roches par un mouvement de percussion, qui consiste à soulever l'outil et toute la sonde à une hauteur variable, depuis $0^m,15$ jusqu'à $0^m,70$, suivant les circonstances, et à les laisser retomber en même temps qu'on fait tourner d'une petite quantité la sonde sur son axe; avec les tarières, on laisse porter la sonde de tout son poids sur le fond du trou et on agit en rodant, c'est-à-dire en imprimant à la tige un mouvement de rotation continu. Les trous forés par battage se maintiennent, en général, beaucoup mieux dans la verticale que les trous forés en rodant; en outre le battage avec des outils de forme appropriée à la nature de la roche avance plus vite que le rodage et donne lieu à moins d'accidents, le rodage fatiguant beaucoup par torsion la tige de la sonde, tandis que le battage ne donne lieu qu'à un fouet ou vibration des tiges lors du choc, fouet que l'on a entièrement fait disparaître par l'introduction de coulisses qui rendent l'outil et une faible portion de la sonde, placée au-dessus, indépendants de la ligne supérieure des tiges.

Lorsque les outils ou le trou sont encombrés de débris, il faut relever la sonde : on la suspend à cet effet, au moyen d'un pied de bœuf ou clef de relevée (figure 2348), à l'extrémité du câble de l'engin. En agissant sur le treuil ou la roue à marches, on relève la sonde de manière à amener hors du trou autant de nœuds d'assemblage que possible; on place alors une clef de retenue (fig. 2347) au-dessous de l'épaulement du nœud inférieur; on dévisse avec un tourne-à-gauche la partie des tiges hors du trou; on fait ensuite descendre la clef de relevée, en tirant sur le câble, et, saisissant de nouveau la sonde, au-dessus de la clef de retenue et au-dessous de l'embase de l'emmanchement, on soulève une autre longueur de sonde égale à la première, que l'on désassemble de même, et ainsi de suite; la descente de la sonde se fait en répétant la manœuvre ci-dessus en sens inverse.

Quand le forage s'exécute en rodant avec une tarière, celle-ci remonte presque toujours remplie des débris du terrain formant dans son intérieur une *carotte* compacte que l'on en détache avec une curette : il n'y a plus qu'à redescendre l'outil dans le trou. Quand, au contraire, on a foré en battant, à l'aide d'un trépan quelconque, on remonte comme ci-dessus la sonde; puis on procède au curage du trou, soit avec une tarière, soit avec un cylindre à soupape à boulet. La tarière plus ou moins fermée ne peut être employée que quand les débris de la roche sont susceptibles de faire une pâte de quelque consistance avec l'eau dont le trou est toujours rempli jusqu'à une assez grande hauteur; on la visse à l'extrémité des tiges de la sonde et on la remplit en rodant. Le cylindre à soupape peut être employé dans tous les cas; on le descend dans le trou, quelquefois en le vissant à l'extrémité de la ligne des tiges, le plus souvent en le suspendant au bout d'un câble qui s'enroule sur un treuil; on le remplit en lui imprimant un mouvement d'oscillation, ou de sonnette, au milieu des débris délayés dans l'eau qui remplissent la partie inférieure du rou.

Il est tout à fait indispensable que le contre-maître, chargé de la conduite du sondage, place des échantillons des terrains ramenés au jour, de diverses profondeurs, dans des casiers numérotés, et qu'il inscrive, sur un journal du sondage tenu avec le plus grand soin, la nature du terrain reconnu, avec renvoi aux échantillons du casier, ainsi que les moindres circonstances de l'opération.

Dans des sondages de $0^m,03$ à $0^m,10$ de diamètre, avec la sonde que nous venons de décrire, il faut de 3 à 8 ouvriers, suivant les profondeurs, entre 0^m et 100^m; au-delà, on n'augmente guère le nombre des ouvriers, mais on va plus lentement.

Comme exemple de la vitesse avec laquelle on opère, nous citerons les nombres suivants obtenus par M. Fantet pour des sondages de $0^m,08$ de diamètre :

1° Terrain houiller ordinaire, composé de bancs de grès houiller médiocrement dur alternant avec des schistes houillers ·

Profondeur.	Ouvriers.	Jours.	Journées d'ouvrier par mèt. cour.
0 à 25^m	3	14	1,68
25 à 30	4	3	2,40
30 à 35	5	3	3,00
35 à 40	6	4	4,80
40 à 50	7	6	4,20
50 à 70	7	18	6,30
70 à 80	8	12	9 60

2° Terrain houiller très dur, composé surtout de bancs de grès :

Profondeur.	Ouvriers.	Jours.	Journées d'ouvrier par mèt. cour
0 à 25^m	3	18	2,16
25 à 30	4	5	4,00
30 à 35	5	4	4,00
35 à 40	6	3	3,60
40 à 50	7	9	6,30
50 à 70	7	24	8,40
70 à 80	8	17	13,70

Ces exemples indiquent clairement que, par cette méthode, le prix de revient du mètre courant croît très rapidement avec la profondeur, et peuvent en donner une idée.

Glaisage et tubage des trous. La nature plus ou moins ébouleuse d'une partie des terrains que traverse un trou de sonde, oblige généralement à en soutenir les parois en tout ou en partie, au moyen de tubes de retenue. Dans les trous de sonde peu profonds et d'un faible diamètre, destinés seulement à l'exploration du sous-sol, il suffit souvent de glaiser les trous, c'est-à-dire d'en consolider les parois avec un enduit de glaise; le meilleur glaisage s'effectue en retirant la sonde, remplissant le trou, jusqu'au bout du banc ébouleux, avec de la glaise en pâte très consistante, la tassant avec une masse, puis forant dans la glaise tassée avec une tarière à glaise.

Les tubes de retenue se font presque exclusivement en tôle de fer; on leur donne un diamètre extérieur un peu plus faible que celui du trou et, quoique ordinairement on les enfonce en tournant, on leur donne une épaisseur de tôle assez forte pour qu'on puisse sans crainte faciliter leur enfoncement par de légers coups de mouton sur leur tête, M. Degousée leur donne $0^m,005$ d'épaisseur pour un diamètre de $0^m,33$; $0^m,003$ pour $0^m,25$; $0^m,002$ pour $0^m,15$. Chaque bout de tube a environ 2^m de longueur; sa suture longitudinale s'exécute avec des rivets en fer doux, espacés de $0^m,04$ à $0^m,05$, dont les têtes sont arrondies et aplaties en gouttes de suif intérieurement et extérieurement. On assemble ces bouts au moyen de manchons en tôle et de petits boulons à vis à tête plate; on fixe d'abord le manchon sur le tube inférieur, on soulève ensuite le tube supérieur au moyen du câble de l'engin, on le laisse descendre dans le manchon et on le fait tourner jusqu'à ce que les trous du tube correspondent à ceux du manchon; on descend successivement les boulons dans le tube en les suspendant au moyen d'une ficelle par le crochet ménagé à leur extrémité; on saisit ces ficelles avec de petits crochets recourbés que l'on passe dans les trous en regard sur le manchon et le tube et on

attire les boulons dans ces trous ; on y ajuste alors les écrous que l'on serre jusqu'à refus ; on coupe à la scie la partie du boulon qui dépasse l'écrou et on rive.

La ligne de tubes arrivée au fond du trou, on continue le forage sur un diamètre moindre de 0m,02 que celui intérieur des tubes. Lorsqu'on rencontre à une profondeur plus considérable de nouveaux bancs éboulieux, tantôt on procède à un nouveau tubage avec des tubes d'un diamètre moindre, tantôt on élargit le trou pour faire suivre la colonne de tubes de retenue. Ce dernier procédé est surtout employé lorsque les assises solides qui séparent les bancs éboulieux ont une faible épaisseur. Les outils élargisseurs que l'on emploie dans ce cas agissent soit en rodant, soit par percussion ; les premiers se composent d'un cylindre portant des échancrures dans lesquelles sont logées des lames ou pièces dentées mobiles autour d'un axe, qui s'ouvrent de manière à attaquer le terrain quand on fait tourner l'outil dans un sens, et qui se ferment quand on fait tourner l'instrument en sens contraire pour le retirer. Les outils élargisseurs à percussion sont de formes très variées : ils sont ordinairement munis de ressorts qui en ouvrent les branches lorsqu'ils arrivent au-dessous de la colonne des tubes ; des renflements pratiqués sur ces branches au-dessus des taillants viennent presser contre les parois du tube et forcent l'outil à se refermer quand on vient à le remonter.

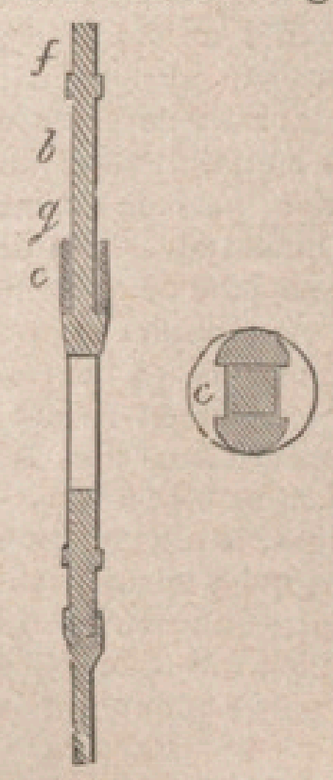
Lorsqu'on prévoit que les frais d'élargissement seront trop considérables, ou quand la pression du terrain sur la surface extérieure des tubes ne permet pas d'enfoncer plus profondément la première ligne de tubes de retenue, on se trouve dans la nécessité d'en introduire une seconde d'un diamètre moindre. Le plus souvent on donne à cette seconde colonne la profondeur totale du trou, de sorte qu'elle se trouve en recouvrement sur la première ligne de tubes ; le posage de cette seconde colonne se fait alors absolument comme celui de la première et n'offre rien de particulier. On se sert quelquefois de colonnes perdues qui ne s'élèvent pas jusqu'à l'orifice du trou de sonde. Ordinairement on termine cette colonne, à la partie supérieure, par un tuyau plus fort muni d'un écrou intérieur, dans lequel on engage un tampon à vis qui se fixe à l'extrémité des tiges de la sonde et sert à descendre la colonne. Cette colonne ne pouvant plus être prolongée par sa partie supérieure, il faut lui donner tout d'abord la longueur approximative qu'elle devra avoir. Pour faire filer dans le terrain la colonne perdue, lors de l'approfondissement du trou, on fixe à l'extrémité des tiges un tampon en bois qui pénètre sur une certaine hauteur dans l'intérieur des tuyaux, et qui est pourvu d'un rebord plus large, par lequel il s'appuie sur leur contour supérieur ; ce rebord fait l'effet de mouton et sert à enfoncer par percussion la colonne de tubes. Si le terrain continue à être éboulieux, après que l'on a enfoncé la colonne perdue autant que sa longueur le permettait, il faut recourir à un nouveau tubage d'un moindre diamètre, ou extraire la colonne trop courte, qu'on ne peut allonger sur place.

Pour retirer les colonnes de tubes de retenue, M. d'Alberti a employé avec succès le moyen suivant : on descend à l'extrémité des tiges de la sonde un tampon tronçonique tourné la pointe en haut et dont la grande base a un diamètre un peu plus faible que celui de la colonne de tuyaux à extraire ; on descend ensuite pardessus, au moyen d'une corde, un manchon de douves en bois, maintenues à la partie supérieure par un ou deux cercles minces en fer et terminées intérieurement par le bas en biseau, de manière à faire coin ; il en résulte une adhérence très forte, lorsqu'on cherche à remonter le tampon, et généralement suffisante pour entraîner la colonne. Si l'on ne peut y parvenir, il est toujours facile de dégager l'outil, en laissant descendre le tampon, tandis qu'on retient le manchon au moyen des cordes qui ont servi à le descendre.

Nous citerons encore un arrache-tuyaux aussi simple qu'ingénieux, basé sur le même principe que le précédent et dû à Kind : il consiste en un morceau de bois de 0m,50 à 0m,60 de long, renflé dans son milieu en forme de navette, fortement cerclé à ses deux extrémités et traversé par une tige que l'on assemble à l'extrémité de celles de la sonde. On le descend jusque vers le bas de la colonne de tubes à extraire, puis on verse dans le trou un panier de gravier à gros grains qui, se logeant entre le tuyau et la partie supérieure de la navette, font coin, quand on relève la sonde, entre le bois et les tubes qui sont alors entraînés. S'il s'agit d'une colonne perdue, on pose sur la navette, avant de l'introduire dans le trou de sonde, un tuyau en tôle de 2m de long, muni d'une anse dans laquelle on passe une corde, et rempli de gravier. Arrivé à la profondeur où l'on veut saisir la colonne, on relève avec la corde le tuyau de tôle ci-dessus, et le gravier qu'il renfermait vient se loger comme précédemment entre la navette et la colonne de tubes à extraire. Lorsque cette dernière ne cède pas sous un effort moindre que celui que la ligne des tiges peut supporter sans se rompre, on dégage facilement la navette en la laissant descendre jusqu'au-dessous de la colonne, où il se trouve presque toujours quelques cavités ou parties plus larges par lesquelles le gravier s'écoule.

Perfectionnements récemment apportés au sondage avec tiges rigides. Dans le sondage, tel que nous venons de le décrire, les dépenses et les difficultés de tout genre croissent très rapidement avec la profondeur ; les causes principales qui produisent ces effets sont au nombre de trois, le temps considérable qu'il faut employer pour l'extraction et pour la descente de la sonde, l'énorme poids des tiges, et le fouet de celles-ci contre les parois du trou, lorsqu'on agit en sonnant, fouet d'autant plus sensible que la longueur des tiges est plus grande et qui produit d'une part la dégradation des parois de trou de sonde, voire même des éboulements, et de fréquentes ruptures de tiges.

Pour prévenir ces effets désastreux du fouet des tiges, d'Oeynhausen et Kind imaginèrent à la même époque, en 1834, de diviser la ligne des tiges en deux parties presque indépendantes par l'interposition d'une coulisse dont les fig. 2352 et 2353 donnent une coupe longitudinale et une coupe transversale. On voit clairement sur ces figures que les deux parties de la tige ne sont pas solidaires, bien que la rotation de l'une puisse se transmettre à l'autre. Lorsque dans le battage, l'outil que porte la partie inférieure vient frapper le fond du trou, la partie supérieure demeure suspendue au câble de l'engin et continue à descendre en glissant le long de la coulisse sans participer aux vibrations produites par le choc dans la partie inférieure ; il va sans dire que la levée du battage doit toujours être moindre que la longueur de la coulisse. La partie supérieure des tiges n'a donc d'autre fonction que de soulever la partie inférieure et de lui imprimer le mouvement de rotation pendant la manœuvre du battage. On soutient ou contre-balance la partie supérieure des tiges au moyen d'un contre-poids, ou d'un ressort de choc en bois analogue à celui que nous avons décrit en parlant des engins.

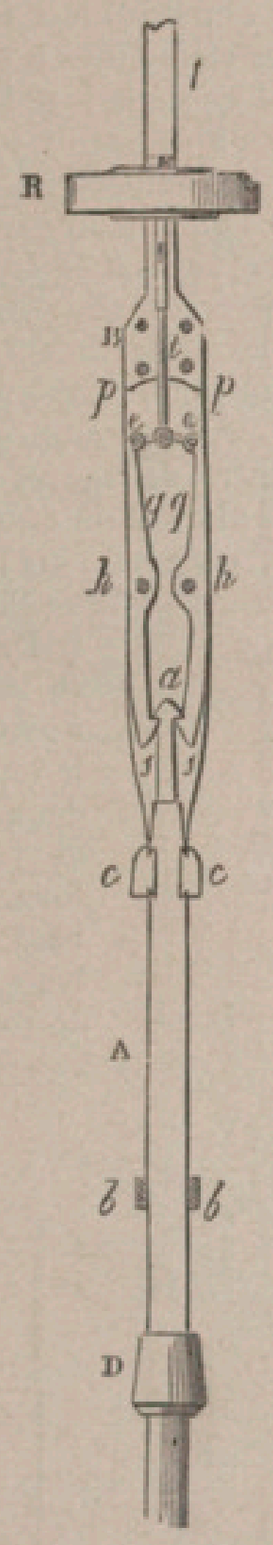


2352 2353.

Cette division de la tige en deux parties de fonctions

essentiellement distinctes, a permis à Kind d'opérer un nouveau perfectionnement très important qui consiste d'une part à diminuer la longueur de la partie inférieure ou agissante de la sonde, en augmentant le poids de l'outil et l'écarrissage des tiges, et d'autre part à former la partie supérieure avec de longues tiges en bois qui pèsent un peu moins que le volume d'eau qu'elles déplacent dans le trou, de sorte que le poids à soulever par les ouvriers n'augmente point avec la profondeur du trou; il s'ensuit que l'on n'a pas besoin d'augmenter le nombre des ouvriers avec la profondeur.

C'est avec grand succès que M. Kind a imaginé de remplacer la coulisse que nous venons de décrire par une sorte de mouvement à déclic beaucoup plus parfait et représenté dans la fig. 2354. Le trépan placé à l'extrémité de la sonde se visse au bout de la tige D, terminée à sa partie supérieure par une pièce méplate A, laquelle est elle-même comprise et peut glisser entre deux platines *p*, *p* (on n'en voit qu'une sur la figure, la platine antérieure ayant été enlevée pour laisser voir le mécanisme du déclic), boulonnées à la pièce méplate B; cette dernière sert à les relier aux tiges supérieures de la sonde, par le moyen d'une barre carrée *f*, terminée par un tenon fileté. Pour empêcher la pièce A de quitter la platine, ces dernières sont réunies à leur partie inférieure par un anneau en fer *b b*, solidement boulonné, et la pièce A est munie d'oreillettes *c*, *c*, assemblées à rainures; cette pièce A est terminée au-dessus des oreillettes par une tige carrée portant à son extrémité une saillie triangulaire *a*, qui est saisie, à la remonte de la tige, par les pinces *s*, *s*; ces pinces se composent de deux branches *q s*, *q s*, terminées par les cames *s*, *s*, mobiles autour des boulons *h*, *h*, fixés aux deux platines, et réunis de l'autre côté par deux articulations *c*, *c*, à une double tige *t*, laquelle glisse dans l'épaisseur des platines et de la pièce B; les deux branches de cette double tige *t* sont liées à un disque R, formé de rondelles de cuir superposées, d'un diamètre à très peu près égal à celui du trou, assez flexibles pour que la résistance de l'eau puisse les courber, et serrées par des écrous entre deux disques de tôle d'un plus faible diamètre; le disque R est enfilé et peut glisser librement sur la barre *f*, depuis les platines jusqu'au renflement de la barre *f*, qui limite son ascension à la partie supérieure. Quand après avoir soulevé à une hauteur convenable la tige de la sonde, entraînant le trépan, on la laisse tomber librement, la résistance opposée par l'eau qui remplit le trou au mouvement du disque empêche ce dernier de suivre la tige qui descend d'abord sans lui; ce mouvement relatif ouvre les pinces, et le trépan, devenu indépendant de la tige, tombe plus rapidement. Le renflement supérieur de la barre *f* force bientôt le disque à suivre le mouvement de la tige, et à venir se placer de manière à ce que les cames *s*, *s*. soient au-



2354.

dessous de la saillie *a*, la résistance de l'eau sur le disque maintenant les pinces écartées. Lorsqu'on relève la sonde, la résistance de l'eau agissant en sens contraire, empêche encore la sonde de suivre le mouvement, les pinces se ferment, les cames saisissent la saillie *a*, et le trépan est entraîné dès que les oreilles *c*, *c*, viennent passer sur l'anneau *b b*.

C'est à l'aide de cet outillage perfectionné que Kind est parvenu à atteindre au trou de sonde de Mondorf, près Luxembourg, une profondeur qui est actuellement de plus de 700 mètres, c'est-à-dire environ de 150 mètres plus grande que celle du fameux puits de Grenelle.

Tubage définitif des trous de sonde. Les trous de sonde destinés, soit à amener au jour les eaux jaillissantes, soit à se débarrasser des eaux de la surface en les faisant absorber par une couche perméable, doivent être munis d'un tubage fait avec soin. Ce tubage a pour but de prévenir les éboulements, et surtout, dans les puits artésiens proprement dits, d'empêcher l'absorption d'une partie des eaux par les couches perméables; à cet effet, la base de ce tubage doit s'appuyer sur la couche imperméable qui recouvre immédiatement la couche aquifère, et il faut qu'il y ait une jonction exacte entre son contour extérieur et cette couche.

Le tubage avec des tuyaux en bois est le plus durable et le plus économique, mais il a le grave inconvénient de diminuer notablement le diamètre intérieur du trou de sonde, à cause de l'épaisseur considérable (0^{m},03 à 0^{m},04 au moins) qu'il faut donner aux tuyaux; on assemble ceux-ci à mi-bois et à emboîtement, consolidé extérieurement par des bandes ou un manchon en tôle mince noyé dans le pourtour du bois.

On emploie quelquefois des tubes en fonte assemblés, soit à emboîtement et à vis, soit à tabatière et recouvrement avec rivets; ils sont de plus longue durée que les tubes en tôle de fer. Ces derniers, seuls employés comme tubes de retenue, sont d'un mauvais service pour le tubage définitif, l'expérience ayant démontré qu'ils sont assez promptement détruits par l'oxydation même avec les eaux les plus pures.

On se sert ordinairement de tubes en cuivre rouge laminé, quelquefois étamés à l'intérieur, et qui, recevant une épaisseur beaucoup moindre que ceux en tôle de fer, ne reviennent en définitive qu'à un prix plus élevé de moitié en sus, et durent infiniment plus longtemps.

Lorsque les eaux sont sulfureuses, on emploie avec avantage des tubes en zinc, comme l'a fait M. Degousée à Enghien.

Enfin, au puits de Grenelle, on s'est servi avec succès de tubes en tôle galvanisée.

Quel que soit le mode de tubage employé, le tube d'ascension étant descendu dans le trou, on l'assujettit, et on garnit le vide existant entre les parois du trou et le contour extérieur du tube, dans toute sa hauteur, en y coulant du bon béton.

Le tuyau d'ascension une fois établi, on le prolonge provisoirement au-dessus de la surface du sol, jusqu'à ce que l'eau ne puisse plus s'écouler par son orifice supérieur; on détermine ainsi le *niveau hydrostatique* des sources qui l'alimentent. On l'abaisse ensuite suivant la hauteur à laquelle on veut élever l'eau et le débit que l'on veut obtenir, ce dernier diminuant très rapidement à mesure que l'on élève le déversoir qui donne issue aux eaux montantes.

Lorsque l'on constate une certaine diminution dans le volume d'eau débité primitivement par un puits artésien, la première chose à faire est de déterminer de nouveau le niveau hydrostatique de ce puits.

Si ce niveau n'a pas varié, la diminution du volume d'eau tient, soit à une obstruction de la sonde, soit à un engorgement des canaux souterrains provenant d'éboulements intérieurs dans la couche aquifère, soit quelquefois à l'existence d'un nouveau puits foré dans le

voisinage. On remédie à l'obstruction du puits, en y faisant de nouveau passer la sonde armée d'une tarière, un cylindre avec soupape à boulet, ou tout autre instrument approprié. L'engorgement des canaux souterrains n'est en général qu'accidentel et momentané ; il suffit presque toujours, pour le faire cesser, de produire des variations brusques dans le mouvement de la colonne d'eau ascendante, soit en bouchant imparfaitement le tuyau avec un cylindre en bois et le retirant brusquement, soit en faisant jouer avec une grande vitesse dans le tuyau, un véritable piston de pompe garni d'un clapet.

Si le niveau hydrostatique s'est abaissé, l'accident est beaucoup plus grave, et il est à peu près certain que la diminution observée tient à un défaut de jonction du tube ascensionnel avec les bancs supérieurs à la couche aquifère, ou à des avaries survenues dans la hauteur de ce tube, par où une partie des eaux montantes s'infiltre dans les terrains perméables supérieurs. Il faut alors extraire le tube mal assujetti ou détérioré et lui en substituer un autre, opération délicate et coûteuse, qui nécessite presque toujours l'élargissement du trou de sonde dans une grande partie de sa profondeur.

SONDAGE A LA CORDE.

Le sondage à la corde ou *sondage chinois*, est le procédé de sondage le plus simple que l'on connaisse, et c'est le plus ancien, puisqu'il est employé de temps immémorial par les Chinois, qui n'en connaissent point d'autres. Il en est fait mention pour la première fois en Europe dans une relation d'un voyage pittoresque, publié à Amsterdam à la fin du dix-septième siècle, où il est dit que « les Chinois pratiquent des trous dans la terre, à de très grandes profondeurs, à l'aide d'une corde armée d'une main de fer, laquelle rapporte au jour les détritus du fond. » Plus récemment, en 1827, le missionnaire Imbert est venu confirmer ce fait, et donner des détails plus circonstanciés sur ce mode de forage, en faisant connaître ce qu'il avait observé dans la province de Ou-Tong-Kiao, où, dit-il, « on a trouvé, sur un espace de quatre lieues de large sur dix de long, plusieurs dizaines de mille puits, forés de temps immémorial, pour l'exploitation des eaux salées et des bitumes, qui se rencontrent à peu près à 1.800 pieds de la surface. » Quelques puits qui avaient perdu leur sel ont été poussés jusqu'à 3.000 pieds de profondeur, et ont donné naissance à ce qu'il appelle des volcans artificiels, c'est-à-dire à des courants de gaz hydrogène carboné, que l'on emploie pour produire la chaleur nécessaire à la cristallisation du sel dans des chaudières de fer, au nombre de plus de trois cents dans un seul établissement.

C'est après avoir eu connaissance de la relation du père Imbert, que notre savant collaborateur, M. *Jobard*, prit pour le sondage, au moyen de l'appareil chinois perfectionné, un brevet de 15 ans, actuellement tombé dans le domaine public, ce qui nous permet de décrire l'outillage aussi simple qu'ingénieux qu'il a imaginé.

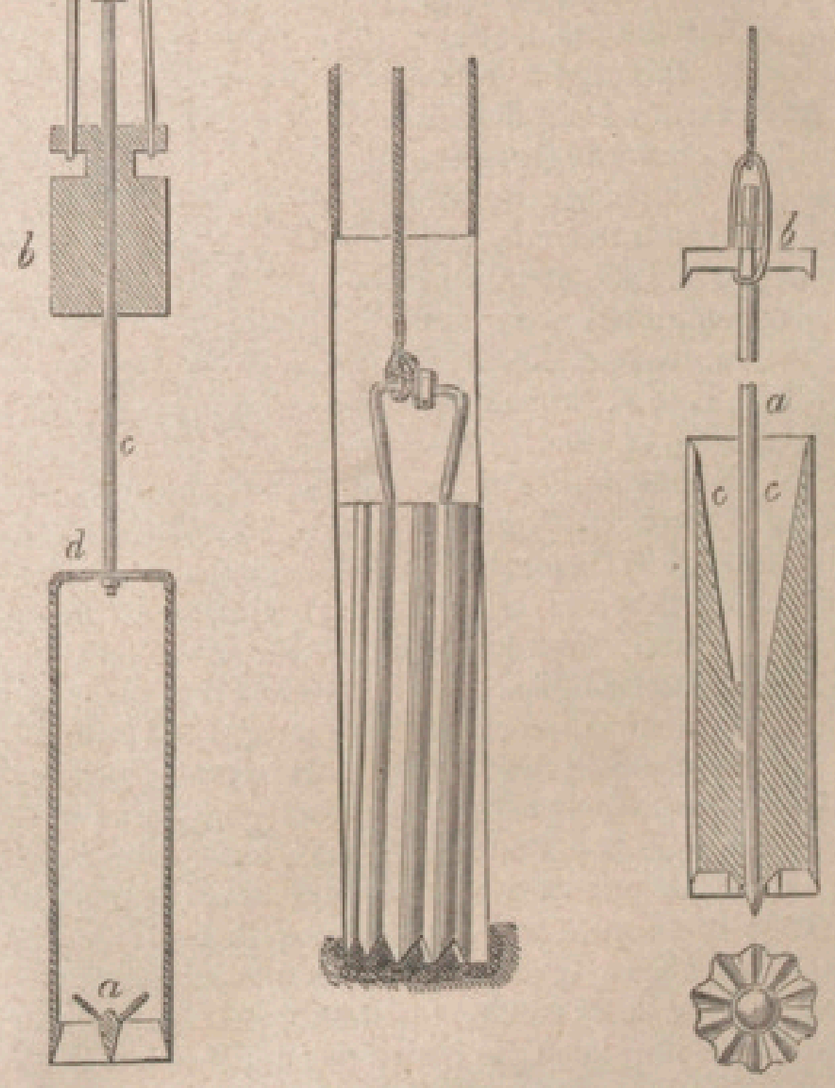
L'engin que l'on emploie ordinairement est très simple ; c'est une simple chèvre munie d'une poulie de renvoi et d'un treuil sur lequel s'enroule la corde. On imprime à celle-ci un mouvement de sonnette au moyen de plusieurs cordelettes, sur lesquelles agissent les ouvriers employés au battage ; ces cordelettes sont fixées à la corde par une sorte de porte-mousqueton que l'on peut faire glisser à volonté sur la corde, au fur et à mesure que le puits s'approfondit. La levée de la sonde varie de 0m,30 à 0m,60 au plus. On emploie des cordes en aloès ou des câbles en fil de fer avec âme en chanvre ; les cordes en chanvre présentent moins de résistance et de durée ; les Chinois se servent de cordes en bambou tressé.

Dans les terrains durs M. Jobard emploie un mouton ou pilon coulé en coquille, pour que les dents qui le terminent aient la dureté de l'acier. Ce mouton est représenté en coupe fig. 2355 et en plan fig. 2356. Il est terminé par une tige de fer *a*, portant à sa partie inférieure une pointe d'acier qui sert d'amorçoir et retombe toujours dans le trou de direction. Le haut de la tige, qui peut avoir plusieurs mètres, est muni d'une espèce de croix de Malte en acier *b*, ou seulement d'une simple couronne, pour prévenir toute déviation de l'outil de la ligne verticale. Le mouton est cannelé extérieurement pour permettre aux boues de se dégager, et il est creusé à l'intérieur de manière à former un cône renversé *c c*, destiné à recevoir les détritus qui jaillissent par les cannelures à chaque coup, pendant le battage. Quand ce cône intérieur est plein de détritus, ce qu'il est facile de savoir lorsqu'on connaît la capacité de ce cône, le diamètre du trou et l'avancement produit, on relève l'outil pour le vider.

Lorsque l'on se trouve obligé de recourir à un tubage pour soutenir les parois du trou, il est nécessaire, pour faire filer la colonne de tubes, de creuser au-dessous sur un diamètre plus grand : il suffit, pour cela, de suspendre le mouton par un point qui ne passe pas par son centre de figure, comme l'indique la fig. 2357 ; il incline alors d'un côté et produit, en tournant sur lui même, un trou plus large que son propre diamètre, ce qui permet de faire filer le tubage sans effort.

Dans les terrains mous, M. Jobard se sert d'un emporte-pièce ou cuillère à soupape munie d'un mouton, comme le représente la fig. 2358 : *a*, *a*, sont deux soupapes qui s'ouvrent en ailes de papillon au fond d'un cylindre, formé d'une forte tôle aciérée à sa base ; quand il s'agit d'enlever de la boue, du sable ou de l'argile, il suffit de descendre cette cuillère au fond du trou

2355.



2358. 2357. 2356.

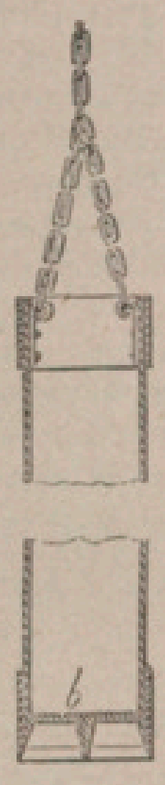
et de faire jouer le mouton *b* qui glisse le long de la tige *c* et frappe à petits coups sur la tuyère pour la faire entrer dans la matière molle ; cette matière soulève les soupapes et pénètre dans le cylindre ; quand on retire

SONDAGE.

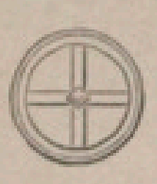
le tout, les soupapes se referment, si la matière est meuble; mais elles restent ouvertes si la matière est plastique, ce qui n'empêche pas celle-ci d'être entraînée et amenée au jour. Quand il ne s'agit que de ramener des gros sables peu agrégés, des cailloux ou des galets roulés, il suffit, pour ramener la cuillère pleine, de lui imprimer pendant quelque temps un mouvement de sonnette, parce que la chute de cet instrument produit dans son intérieur un courant ascensionnel très rapide qui enlève les cailloux et les fait monter dans la cuillère, tandis que l'eau se dégage par les trous *d*, percés à la partie supérieure.

Une personne que nous citerons à cause du grand nombre de sondages à la corde qu'elle a entrepris et menés à bonne fin, bien qu'elle se serve d'un outillage moins parfait que celui que nous venons de décrire, M. Goulet-Collet, de Reims, emploie dans ses sondages l'instrument représenté en coupe fig. 2359 et en plan fig. 2360 : c'est un tube en forte tôle *a*, de 2^m^ de longueur, armé à sa base d'un cercle d'acier et de deux couteaux en croix *b*. Cet outil en tombant hache, pour ainsi dire, le fond du puits dans tous les sens; l'eau se déplace par l'intérieur, mais il a l'inconvénient de ne rien rapporter, et on est obligé de le retirer de temps en temps pour nettoyer le trou avec un cylindre à soupape ordinaire. Il en serait autrement si on plaçait à l'intérieur de ce long cylindre plusieurs étages de petits balcons creux, dans lesquels viendraient se déposer les matières solides qui sont élevées à chaque coup par l'eau.

2359.



2360.



Pour donner une idée de l'extrême bon marché du sondage à la corde, nous dirons que, bien que les outils de M. Collet ne soient pas disposés de manière à servir en même temps pour le curage du trou, cet habile sondeur fore, en ce moment, dans le terrain crétacé de la Champagne, des puits aussi profonds qu'on le désire, à 9 fr. le mètre courant; son appareil complet de sondage ne coûte pas 500 fr., et il fore, à l'aide de deux ouvriers seulement, de 8 à 11^m^ par jour dans la craie. M. Goulet a foré dans ce terrain, depuis quelques années, près de 100 puits, et chacun de ses puits a donné de l'eau pure à une fabrique ou à un particulier, pour la somme de 150 fr. à 300 fr. au plus.

Les nombres que nous venons de citer sont sans réplique, et pour les terrains analogues à la craie, au moins, on emploie encore presque exclusivement le sondage avec des tiges rigides.

SONDAGE AVEC TIGE RIGIDE CREUSE, ET CURAGE CONTINU DU TROU.

Nous venons de voir que la principale cause de la lenteur du forage avec les sondes à tige rigide, venait de la nécessité où l'on se trouvait de retirer de temps à autre l'outil du trou pour curer ce trou au moyen d'un outil approprié; nous avons également vu qu'on augmentait beaucoup la vitesse de forage en remplaçant la tige rigide par une corde, ce qui abrège considérablement la montée et la descente de la sonde, et en disposant l'outil foreur de manière à recevoir en même temps les détritus de l'opération, ce qui supprime l'emploi d'un outil particulier pour le curage. Au lieu de chercher à augmenter la rapidité de la manœuvre du curage du trou, comme on l'avait fait pour la substitution de la corde à la tige rigide de la sonde on pouvait se proposer de faire disparaître cette opération en la rendant continue et indépendante du mouvement de la sonde; c'est en abordant la question sous ce point de vue, que M. Fauvelle est arrivé à l'ingénieuse solution que nous allons décrire :

L'appareil de M. Fauvelle se compose d'une sonde creuse, formée de tubes vissés bout à bout; l'extrémité inférieure de la sonde est armée d'un outil perforateur, approprié aux terrains qu'il s'agit d'attaquer. Le diamètre de cet outil est plus grand que le diamètre des tubes, afin de réserver autour de ceux-ci un espace annulaire, par lequel l'eau et les déblais puissent remonter. L'extrémité supérieure de la même sonde est en communication avec une pompe foulante au moyen de tubes articulés qui suivent le mouvement descendant de la sonde sur une longueur de quelques mètres. La sonde est animée d'un mouvement de rotation au moyen de tourne-à-gauche, ou de percussion par un treuil à déclic. La chèvre et le treuil pour monter, descendre et soutenir la sonde, ne présentent rien de particulier.

Lorsqu'on veut faire agir la sonde, on commence toujours par mettre la pompe en mouvement. On injecte jusqu'au fond du trou, et par l'intérieur de la sonde, une colonne d'eau qui, en remontant dans l'espace annulaire compris entre la sonde et les parois du trou, établit le courant ascensionnel qui doit entraîner les déblais; on fait alors agir la sonde comme une sonde ordinaire, par battage; et, à mesure qu'une partie de la roche est broyée ou détachée par l'outil, elle est à l'instant entraînée dans le courant ascensionnel. Il résulte de cette marche que les déblais étant constamment enlevés par l'eau, on n'a plus besoin de remonter la sonde pour les enlever, ce qui procure une très grande économie de temps. Un avantage aussi précieux, pour le moins, c'est que l'outil perforateur n'est jamais engorgé par les détritus et qu'il agit toujours sans entraves sur le fond du trou. Si l'on ajoute à cela que l'expérience prouve que les éboulements sont presque toujours nuls dans les terrains où la sonde en détermine presque toujours, on aura énuméré les principaux avantages de ce nouveau mode de sondage. Ils sont d'ailleurs constatés pour le forage que M. Fauvelle vient de faire, à Perpignan, sur la place Saint-Dominique. Ce forage, commencé le 1er juillet 1846, était terminé le 23, par la rencontre de l'eau jaillissante à une profondeur de 170 mètres; si de ces vingt-trois jours on défalque trois dimanches et six journées perdues, il reste pour le temps réel employé au forage quatorze jours de travail effectif, à 10 heures par jour, ce qui représente un avancement moyen de 12 mètres par jour de travail.

Dans le système que nous venons de décrire, on voit que l'injection de l'eau a lieu par l'intérieur de la sonde. L'expérience a fait reconnaître à M. Fauvelle que, lorsque l'on rencontre des graviers ou des pierres d'un certain volume, il était préférable d'injecter l'eau par le trou et de la faire remonter par l'intérieur de la sonde. La vitesse plus grande qu'il est possible d'imprimer à l'eau, et le calibre plus exact de l'intérieur de la tige de la sonde, permettent de remonter ainsi des pierres que la manœuvre ordinaire obligerait à broyer préalablement. M. Fauvelle a remonté, par ce moyen, des cailloux de 0^m^,06 de longueur sur 0^m^,03 de grosseur. L'idée de faire remonter l'eau par l'intérieur de la sonde, offre un moyen facile de forer au-dessous d'une nappe d'eau jaillissante sans avoir besoin de pompes; il suffira de fermer hermétiquement l'orifice du puits, de manière à laisser libre le jeu de la sonde, et à ce que l'eau jaillissante soit forcée d'aller toujours chercher le bas de la tige creuse pour trouver une issue; elle y entraînera et ramènera au jour tous les déblais. Dans les trous forés à une profondeur considérable et sur un grand diamètre, on pourra aisément réduire le poids de la sonde en faisant en bois la tige creuse, et faciliter ainsi la ma-

SOUDE.

nœuvre ; mais dans ce cas, comme l'outil est fixé d'une manière rigide à la sonde, on amoindrira l'effet utile de l'outil sur la roche. On pourra bien, pour éviter la vibration de la tige, interposer une coulisse entre celle-ci et l'outil, seulement cette disposition ne remédiera pas à la perte de force vive due à la masse de la sonde, et nous ne voyons pas comment on pourra le faire, car l'obligation de conserver la circulation de l'eau s'oppose à l'emploi du déclic imaginé par Kind (voir plus haut figure 2354), ou de tout autre mécanisme basé sur les mêmes principes.

SONDES DIVERSES.

Sondes employées dans l'intérieur des mines. On emploie la sonde dans l'intérieur des mines dans trois cas différents :

1° On exécute au fond des puits un forage vertical pour explorer le terrain inférieur. On se sert d'une sonde ordinaire et, même avec une tige rigide, on se passe d'engin, et on emploie un simple treuil placé sur l'orifice du puits ; on peut alors retirer ou descendre la sonde par parties d'une longueur considérable et égale à la profondeur du puits ;

2° On fore des trous de sonde pour établir des communications entre deux groupes de travaux, soit pour l'écoulement des eaux, soit pour les besoins de l'aérage. Ces communications sont verticales ou inclinées, et ont généralement une faible longueur, ce qui en rend le forage assez facile ; il est souvent nécessaire de leur donner un diamètre considérable, et qui dépasse quelquefois 0m,50. Lorsqu'elles sont verticales on les exécute par le sondage à la corde ; quand elles sont inclinées, on ne peut les forer qu'avec une sonde à tige rigide ;

3° Enfin, et surtout dans les mines de houille, on se fait fréquemment précéder par des trous de sonde destinés à reconnaître le terrain, pour s'assurer contre le danger des lacs souterrains ou des mofettes ; ces trous doivent être faits sur le plus faible diamètre possible, parce qu'il est bien plus aisé de les boucher au besoin. La tige de la sonde est en fer rond de 0m,015 à 0m,025 de diamètre, et l'outil qui la termine a 0m,030 à 0m,035 au plus de large. Les trous ayant au maximum 4 ou 5m de profondeur, la sonde est exclusivement manœuvrée à bras par deux hommes. On exécute généralement ces trous dans l'épaisseur des gîtes exploités, et à peu près parallèlement au plan des couches, les uns sur le front des tailles ou galeries, dans la direction même de l'axe de ces dernières, les autres dans les angles et dans des directions formant des angles de 45° avec la précédente.

Sonde du tourbier. Nous terminerons cet article par quelques mots sur la sonde spéciale dont se sert fréquemment le tourbier pour l'exploration du sous-sol. Cette sonde, terminée par une tarière d'un faible diamètre, a une tige rigide en fer divisée en parties égales, dont chacune représente la hauteur que l'on donne, dans le pays, aux pointes de tourbe. Le tourbier enfonce chaque fois la tarière d'une profondeur égale à une division de la tige, et détermine ainsi, d'abord l'épaisseur des terres de recouvrement, puis celle du banc de tourbe, estimée en pointes, et sa qualité au niveau de chacune de ces dernières. P. DEBETTE.

SONNETTE. Voyez CHOC, MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE et SERRURERIE.

SOUDE (*angl.* et *all.* soda). Dans le terme générique *soude*, nous avons à comprendre plusieurs produits qui ont dans l'industrie une grande importance. Ainsi la soude, considérée à l'état caustique, constitue les lessives des savonniers et des blanchisseurs ; à l'état de carbonate, elle constitue : 1° le sel de soude du commerce ; 2° les cristaux de soude, sans parler de la soude brute, qui est la matière première du sel de soude, ni des sesqui-carbonate et bi carbonate.

Avant de nous occuper des procédés de fabrication de ces divers produits et de leurs usages, il faut d'abord en étudier les propriétés.

Soude ou oxyde de sodium. Cette substance n'est employée qu'à l'état d'hydrate. L'hydrate de soude est un corps blanc, solide, fusible au-dessous de la chaleur rouge, très caustique. Il est indispensable de le conserver à l'abri du contact de l'air, car exposé à l'air il en attire fortement l'acide carbonique et passe à l'état de carbonate. Il a d'ailleurs une grande analogie avec la potasse pour les propriétés, tant physiques que chimiques (voir POTASSE).

Carbonate de soude neutre. Ce sel est blanc, d'une saveur âcre, un peu caustique ; il agit comme les alcalis. Il est très soluble dans l'eau, et plus à chaud qu'à froid. Il présente, sous le rapport de ses propriétés chimiques, beaucoup d'analogie avec le carbonate de potasse, mais il en diffère essentiellement par ses propriétés physiques.

Il s'obtient en très beaux cristaux, tandis que le carbonate de potasse est incristallisable. Il s'effleurit au contact de l'air, tandis que le carbonate de potasse tombe en déliquescence. Il éprouve la fusion aqueuse et, par une élévation de température, la fusion ignée. Il est indécomposable par la chaleur.

Voici sa composition :

1° A l'état sec :

Acide carbonique.	41,42
Soude.	58,58
	100,00

2° A l'état cristallin :

Acide carbonique.	15,43
Soude.	21,81
Eau.	62,76
	100,00

Sesqui-carbonate Pendant longtemps il a été confondu avec le carbonate ordinaire, mais sa composition et ses propriétés sont bien différentes. Ainsi, il est inaltérable à l'air ; il se conserve même si bien, qu'on assure que les murailles de Cassar, fort d'Afrique, actuellement en ruines, ont été construites avec des masses considérables de ce sel, qui se rencontre dans quelques lacs de cette contrée.

C'est presque toujours le sesqui-carbonate de soude qu'on a rencontré dans la nature. Celui qu'on retire des lacs est mêlé avec une certaine quantité de sel marin et de sulfate de soude ; il porte dans le commerce le nom de ***natron***.

Quelques lacs d'Egypte et de Hongrie étant à sec chaque année pendant les grandes chaleurs, on trouve abondamment sur leur fond solide et pierreux des masses salines d'un gris rougeâtre, qu'on détache au moyen de pioches et autres instruments de fer. Cette matière est le natron. En hiver, les mêmes lacs se remplissent d'une eau fortement colorée qui transsude à travers les pierres, et qui, s'évaporant au retour de la belle saison, laisse chaque année aux riverains une récolte de ce riche don de la nature, qui ne leur coûte que la peine de le ramasser. Ce sel a dû attirer depuis fort longtemps l'attention des peuples anciens, qui, ne connaissant pas d'autre carbonate de soude, l'ont appliqué à la fabrication du verre et des lessives.

MM. Boussingault et Mariano de Rivero ont observé, en Colombie, une espèce de sesqui-carbonate de soude nommée *urao* dans le pays.

Les carbonates de soude se trouvent aussi dans un grand nombre d'eaux minérales, dont les plus connues en France, et peut-être celles qui renferment le plus de ces sels, sont les eaux de Vichy, dans l'Allier. Cette circonstance a fait soupçonner que dans un grand nombre de localités, ces sels sont amenés à la surface du terrain

par des eaux qui sont plus ou moins chargées, en sorte qu'il a pu s'en faire des dépôts plus ou moins considérables dans les temps anciens.

Bi-carbonate. Ce sel contient deux fois plus d'acide carbonique que le carbonate neutre. Bien préparé, il est très blanc ; il n'a qu'une faible saveur alcaline, mais verdit sensiblement les couleurs bleues végétales. Si on fait bouillir sa dissolution, une partie de l'acide se dégage et il se forme du sesqui-carbonate.

Il est susceptible de cristalliser, mais généralement on le trouve sous la forme de croûtes d'une texture feuilletée. Il n'est pas très soluble dans l'eau, car 100 parties d'eau n'en dissolvent que 2,33.

Nous venons d'énumérer les principales propriétés des carbonates de soude et de l'hydrate de soude, parlons maintenant des procédés de fabrication.

Bien longtemps le carbonate de soude s'est extrait exclusivement, en France et en Espagne, des plantes qui croissent sur le bord de la mer, telles que le *salicornia europæa*, le *salsola tragus*, l'*atriplex*, le *salsola kali*. On cultive avec soin, sous le nom de barille, l'espèce la plus estimée des *salsola*. Ces plantes contiennent de l'oxalate de soude, qui est transformé en carbonate par la calcination.

Les plantes étant coupées et séchées, on les brûle en plein air dans des fosses. La chaleur résultant de cette opération et la proportion des substances salines sont telles que, si on brasse fortement les cendres lorsqu'elles sont encore rouges, elles forment de petites masses en demi-fusion. On trouve, après le refroidissement, une masse très dure, de couleur ardoisée, et très riche en alcali, à laquelle on donne le nom de soude. Les soudes brutes, ainsi obtenues, renferment en proportions diverses du carbonate et du sulfate de soude, du sulfure de sodium, du sel marin, du carbonate de chaux, de la silice, de l'oxyde de fer, et enfin du charbon échappé à l'incinération.

Les soudes les plus estimées sont celles d'Alicante, de Malaga, de Carthagène ; elles contiennent de 25 à 30 p. 100 de carbonate de soude sec. Les soudes que l'on récolte en France ne sont pas aussi riches ; la soude de Narbonne contient 14 à 15 p. 100 de carbonate de soude, et la *blanquette*, ou soude d'Aigues-Mortes, 3 à 8 p. 100.

Enfin, on connaît dans le commerce sous le nom de *soude de Varech* un produit que sa composition rend très digne de figurer parmi les potasses. La soude de Varech se prépare sur la côte de Normandie, au moyen de plantes marines connues sous le nom de *goëmon ;* c'est un fucus, qui peut flotter sur l'eau, que l'on exploite. Cette propriété permet d'en former des radeaux, que l'on fait aisément arriver aux endroits où ils doivent être brûlés. La combustion s'en fait dans une fosse, et à mesure que le résidu de l'incinération entre en fusion on le rassemble en masse ; c'est ce qu'on appelle la soude brute. Pour en extraire les sels de Varech, on lessive cette soude et on évapore la liqueur. On obtient des sels formés à peu près de :

Sulfate de potasse.	19	100
Chlorure de potassium. . . .	25	
Sel marin.	56	

M. Gay-Lussac, qui en a analysé plusieurs, regarde cette composition comme une moyenne. Comme on le voit, ces sels sont d'un grand intérêt par leur richesse en potasse, ce qui permet de les appliquer à la fabrication de l'alun et à celle du salpêtre. On reconnaît les sels de Varech à la présence de quelques traces d'iodure de potassium.

Avant la révolution française on ne connaissait dans les arts que les soudes naturelles, et comme notre pays est peu riche en ce produit, c'étaient principalement les soudes d'Espagne, d'ailleurs très estimées, qui alimentaient la consommation. En 1793, lorsque la guerre

vint interrompre les relations commerciales entre les deux pays, le Comité de salut public, pour répondre aux besoins de nos manufactures, et surtout de nos fabriques de savon, fit un appel à tous les chimistes français pour la recherche d'un procédé propre à la production. A cette glorieuse époque de dévouement et de prodiges de toute espèce, on décretait, pour ainsi dire, les découvertes utiles à la patrie en même temps que les victoires, et l'ère de la régénération politique fut aussi celle de la science. L'appel du Comité de salut public fut entendu ; plusieurs procédés furent proposés et essayés ; mais de tous, celui de Leblanc, chirurgien français, est seul resté. Une fabrication de trente ans n'y a guère apporté de modifications ; c'est donc, à très peu de chose près, le procédé de Leblanc que nous allons décrire.

Delamétherie avait donné, dans le cours de chimie qu'il faisait au collége de France, avant la révolution, les premières indications sur la fabrication de la soude artificielle. Il conseillait l'emploi du sulfate de soude et du charbon. Leblanc, qui s'occupait alors de chimie et suivait les cours de cet illustre professeur, essaya ce procédé ; mais, ne réussissant pas, il fut, dans la suite de ses expériences, conduit à ajouter du carbonate de chaux.

Le sel marin est le produit naturel qui sert de base à l'opération ; ce chlorure de sodium est transformé par l'acide sulfurique en sulfate de soude, qui passe lui-même à l'état de carbonate sous l'action simultanée de la chaleur, du charbon et de la craie.

On sait déjà ce qui se passe dans la réaction de l'acide sulfurique sur le chlorure de sodium. Pour transformer le sulfate de soude sec en carbonate, on emploie 100 parties de sulfate de soude, 100 de craie et 55 de charbon. Il y a formation de carbonate de soude et de sulfate de chaux, qui est réduit par le charbon à l'état de sulfure de calcium, qui s'unit à une partie de chaux provenant de la décomposition du carbonate de chaux. La dose du sulfate de soude varie avec sa pureté. Le sulfate des bastringues (voir plus bas) ne contient que 3 à 4 p. 100 de matières étrangères, tandis que le sulfate des cylindres en renferme 20 à 22 p. 100 ; aussi faut-il, pour lui, porter sa dose de 100 à 125.

Il a été parlé à l'article *acide* HYDROCHLORIQUE des appareils que l'on emploie quelquefois pour la fabrication du sulfate de soude, mais quand cette fabrication est très importante, le procédé des cylindres n'est pas employé pour plusieurs motifs : d'abord parce que la décomposition n'est pas complète (1) dans les cylindres, et que le sulfate de soude qui en provient contient toujours du fer et un excès d'acide nuisible dans beaucoup d'emplois ; ensuite, parce que le procédé des fours, dont nous allons parler, est plus économique. Cette transformation du sel marin en sulfate de soude, qui est très facile en elle-même, cause de grands embarras, précisément à cause de l'énorme quantité d'acide hydrochlorique, dont il est quelquefois impossible de trouver le placement (2), et dont on ne peut obtenir la condensation sans de grands frais. Si cet acide pouvait sans inconvénient s'échapper dans l'atmosphère, voici le procédé qu'on suivrait généralement dans les localités où on ne peut tirer parti de l'acide hydrochlorique, procédé qu'on a suivi et qu'on suit encore quelquefois.

On fabrique dans un même four le sulfate de soude et la soude. C'est ce four double à réverbère dont la sole est divisée en deux compartiments elliptiques et dont la voûte est très basse. La première portion de la sole, celle la plus rapprochée du foyer, est destinée à la fabrication de la soude. La seconde est réservée à la fabrication du

(1) Pour la décomposition complète, il faut à la fin de l'opération pousser la température au rouge.

(2) C'est ce qui arrive pour les fabriques de Marseille.

sulfate ; elle est toujours en grès et dure à peine quelques mois, à cause de l'action énergique de l'acide sulfurique. On fait tomber l'acide sulfurique sur le sel marin au moyen d'une ouverture pratiquée dans la voûte Le sulfate de soude produit est retiré par une porte latérale du four et reçu sur le sol de l'usine. On le broie ensuite avec du charbon et de la craie, et on introduit le mélange dans la première partie du four, dont la sole doit être rouge. On brasse la matière de quart d'heure en quart d'heure ; au bout de quelques instants elle devient pâteuse et puis entre en fusion ; il se dégage alors une foule de bulles d'oxyde de carbone qui viennent brûler au contact de l'air. Il se dégage aussi de l'acide hydro-sulfurique et de l'hydrogène carboné, dont l'hydrogène est fourni par l'eau qui se trouve dans les matières employées. Lorsque l'opération est terminée, on enlève la soude au moyen d'un rable en fer, avec lequel on l'attire dans de grands plateaux en fonte.

Avec un four dont la sole du premier compartiment a 3m,30 de long sur 2m,65 de large, et celle du deuxième compartiment 2m,65 de long sur 2m,30 de large, on peut décomposer en vingt-quatre heures 1.600 kil. de sel marin au moyen de 2.000 kil. d'acide sulfurique à 50°, et l'on obtient 2.000 kil. de sulfate de soude qui, mêlés avec 2.000 kil. de craie et 1.000 à 1.060 kil. de charbon, sont transformés en soude, et en fournissent 1.300 kil. de bonne qualité.

Dans quelques usines on a imaginé, pour mieux profiter encore de la chaleur perdue, de disposer le four en trois compartiments. Le plus éloigné du foyer sert à la décomposition du sel ; l'intermédiaire termine cette décomposition ; enfin, celui qui est le plus près du foyer est destiné à transformer le sulfate en soude brute.

Ce procédé du four double ou triple présente, pour la condensation de l'acide hydrochlorique, des obstacles insurmontables ; car le tirage qu'exige la fabrication de la soude est si grand, qu'il est, pour ainsi dire, impossible d'y appliquer avec fruit aucun des moyens de condensation décrits sans nuire au succès de l'opération ; de plus, les produits gazeux, formés dans la transformation du sulfate de soude en carbonate, nuit singulièrement à la condensation des vapeurs d'acide hydrochlorique et à la qualité de l'acide recueilli. D'un autre côté, l'absence de condensation peut être la source de très graves inconvénients ; car l'acide, entraîne dans la cheminée, cause aux environs des dommages considérables pour la santé des habitants, pour la végétation qu'il détruit, et même pour les habitations qu'il détériore. Ainsi, dans les environs des fabriques de soude, tous les clous des toitures en ardoises sont rapidement corrodés, lorsque l'acide n'est pas condensé ou ne l'est qu'incomplétement.

Aussi des règlements de police, auxquels on ne tient peut-être pas assez la main, ordonnent expressément aux fabricants de soude de condenser tout l'acide hydrochlorique.

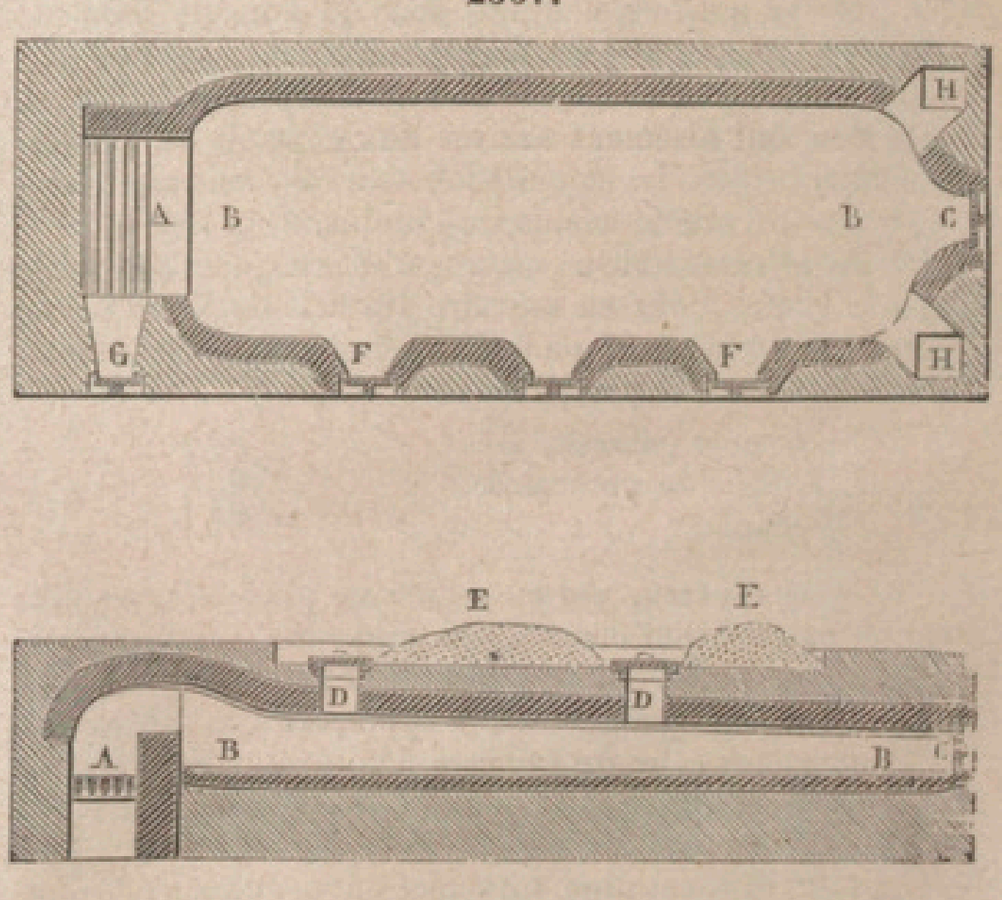
Pour arriver à ce but, on opère la fabrication du sulfate dans un four spécial double à réverbère, c'est-à-dire que la décomposition du sel, commencée dans la partie la plus éloignée du foyer, se termine dans la partie la plus rapprochée. On décharge le deuxième compartiment du four, lorsque le dégagement d'acide hydrochlorique cesse d'être abondant, et que l'état de fluidité a diminué très sensiblement. On tire alors la matière par une ouverture latérale sur les dalles en grès de l'atelier, ce qui causerait un dégagement de vapeurs acides nuisibles aux ouvriers, si le four n'avait pas, dans le deuxième compartiment, deux parties, l'une pour défourner, l'autre en face et au dehors pour recharger. Dans l'origine, il se trouvait, dans ce deuxième compartiment, une bassine en plomb, dans laquelle on faisait agir l'acide sulfurique sur le sel marin. La bassine en plomb a été, comme nous l'avons dit, remplacée par des dalles en grès. L'appareil que nous venons d'indiquer porte quelquefois le nom de *bastringue*.

On dirige la fumée dans une série de condenseurs, au sortir desquels elle est conduite dans la cheminée d'un four à soude, qui forme appel à cause de son grand tirage ; ou bien encore on dirige les vapeurs dans une vaste chambre remplie de blocs de carbonate de chaux, et de là elles passent dans un long canal ou galerie garnie de semblables moellons plus tendres et plus spongieux superposés à sec, de façon à laisser entre eux beaucoup d'interstices libres, et dont les parois sont faites aussi avec des blocs calcaires ; et, quand on le peut, on adosse ce canal à une colline, de manière à le faire servir en même temps de cheminée. Dans le cas contraire, il faudrait élever à l'extrémité une cheminée d'appel pour la fumée. Quand on a des masses d'air convenable pour concourir à cette condensation, il est toujours possible d'y parvenir ; il suffit de faire passer le gaz à travers une tour remplie de cailloux, qui sont arrosés sans cesse par un filet d'eau. Un canal en pente ferait le même effet qu'une tour.

Les vapeurs d'acide hydrochlorique attaquent le carbonate de chaux, forment du chlorure de calcium soluble, et dégagent de l'acide carbonique : la plus grande partie de l'acide hydrochlorique peut être ainsi éliminée avant que les gaz n'arrivent à la cheminée. Ce mode de condensation, assez efficace, offrait cependant un inconvénient assez grave : les murs des canaux de condensation, promptement attaqués, exigeaient des réparations fréquentes et dispendieuses. Il paraît que, il y a plusieurs années, on est parvenu, après bien des essais, à préserver ces murs au moyen du marc ou résidu du lessivage de la soude brute, qu'on y applique en couche épaisse et fortement tassée.

C'est spécialement pour les fabriques de soude de Marseille qu'un procédé économique de condensation offre beaucoup d'intérêt. Nous avons entendu dire que dans deux fabriques de sulfate de soude qui fournissent les verreries du bassin de Charleroy (Belgique), on appliquait à la condensation de l'acide hydrochlorique des appareils présentant pour la forme et le fonctionnement beaucoup d'analogie avec les condenseurs des machines à vapeur. Il est évident que ces pompes doivent être garnies de plomb à l'intérieur.

2361.



2362.

La figure 2361 représente le plan, et la figure 2362 la coupe d'un four de très-grande dimension (four de

SOUDE.

M. Clément-Desormes). A, foyer; BB, four proprement dit; DD, ouvertures percées dans la voûte du four, et destinées à introduire le mélange de sulfate de soude, de craie et de charbon, mélange dont deux tas sont représentés en E, E; C, FFF, portes de travail; G, porte du foyer; H, H, ouvertures conduisant à la cheminée les produits de la combustion.

La forme et les dimensions d'un four à soude ont une grande influence, tant sur la qualité que sur le prix de revient du produit. C'est ce qui a fait proposer récemment un four à double étage qui doit être avantageux mais d'une construction difficile.

Le tableau suivant prouve combien la grandeur des fours influe sur la qualité et sur la quantité des produits obtenus.

FOURS.	Longueur.	Largeur.	Produits par jour.
Leblanc et Dizé. . . .	2m	1m,50	375×5= 1.875k à 30c
Payen. . . .	3m	1m,66	500×6= 3.000k à 33c
D'Arcet. . .	Pas de renseignements.		
De Marseille.	3m,25	2m,66	467×6= 2.802k à 32c
Clément. . .	6m	2m,00	1500×6= 9.000k à 40c
	9m	3m,00	3000×6=18.000k à 40c

Quant à la forme du four, nous dirons que la forme elliptique est la seule convenable pour que la température puisse être uniforme dans toutes ses parties, et l'uniformité de chaleur est la condition indispensable pour que la soude soit d'une qualité marchande. Ainsi, lorsque Leblanc, qui s'associa avec Dizé, voulut passer de ses essais de laboratoire faits dans des creusets, et ayant parfaitement réussi, à l'application industrielle, la soude qu'il fabriqua fut refusée par le commerce comme empreinte d'une forte odeur de soufre. La faute provenait de la forme rectangulaire qu'il avait donnée au four; la chaleur à l'endroit des arêtes n'était pas assez forte pour achever la décomposition. C'est donc à un défaut dans la construction de son fourneau que Leblanc dut la non réussite de son entreprise. Cet échec recula de quelques années la fabrication de la soude artificielle en France, et c'est à d'Arcet qu'on est redevable d'avoir perfectionné le four de Leblanc et Dizé, et d'avoir ainsi rendu à l'industrie un service signalé, en amenant, à l'état de réalité, cette fabrication qui n'était encore qu'à l'état d'espérance.

Quant à Leblanc, son insuccès causa sa ruine au moment où il pouvait s'attendre à se voir indemniser de ses longs travaux et des sacrifices d'argent qu'il avait dû faire dans le cours de ses expériences; et celui à qui la France est redevable d'une branche d'industrie si importante, qui a affranchi nos manufactures d'un tribut annuel de plus de 20 millions de francs, mourut de chagrin et presque de misère dans un hôpital. Voilà la récompense qui, trop souvent, attend, dans notre pays, ceux qui se sacrifient pour l'intérêt général.

Revenons maintenant à la fabrication de la soude. Si la soude est destinée aux blanchisseurs, le sulfate qu'on emploie contient de préférence 10 pour 100 de sel marin, qui rend la soude plus soluble; par la même raison, on fait usage, dans la décomposition du sulfate, de charbon, dont une partie est en morceaux assez gros: ce charbon n'est pas entièrement brûlé, et ses fragments assez volumineux restent engagés dans la pâte de la soude brute; ces fragments concourent à faciliter l'accès de l'air, la division, et par suite le lessivage.

Pour réparer quelques autres soudes, notamment elles des savonneries, on laisse également dans le sulfate un excès de sel marin. Dans toutes les autres circonstances, le sulfate doit être pur.

Le charbon de bois peut, dans la fabrication de la soude, être généralement remplacé par la houille ou charbon de terre, qui est plus économique.

Les proportions que Leblanc et Dizé avaient indiquées dès la découverte du procédé sont restées à peu près les mêmes; voici comment on peut représenter théoriquement en équivalents les réactions, comme elles se passent probablement.

Produits employés :

2 at. sulfate de soude sec. . .	= 1782
3 at. carbonate de chaux. . .	= 1893
11 at. charbon.	= 825
	4500

Produits obtenus :

2 at. carbonate de soude sec. . .		= 1330
2 at. sulfure de calcium 3 at. chaux	combinés.	= 1270
10 at. oxyde de carbone. . . .		= 1750
1 at. de charbon, perte, etc. .		= 150
		4500

Ou bien en formules on a :

$$2(SoO,SO^3)+3(CaO,CO^2)+11C=2(SoO,CO^2)+2(CaS)+CaO+10CO+1C$$

Voici maintenant deux comptes de fabrication de la soude brute, l'un à Paris, l'autre à Marseille, donnés par M. Payen dans son cours du Conservatoire.

A Paris :

14.982 kil. sulfate des cylindres à 17 fr.		2.546f,94c
13.500 kil. craie à 10 fr. les 1000 kil. .		135f, »
7.680 kil. poussier de charbon à 3 fr. 75 c. les 100 kil.		283f, »
Frais généraux et main-d'œuvre. . .		400f, »
10 voies de houille à 40 fr. . . .		400f, »
Embarillage.		180f, »
Transport, escompte et perte. . . .		335f,06c
Total. . .		4.285f,00c

Produit : 22.400 kil. soude brute.

22.400 : 4.285 fr. :: 100 : 19 fr

A Marseille

Sel marin, 3.600 kil. à 1 fr. . . .	36	588 f
Acide sulfurique à 50°, 4.500 kil. à 10 f.	450	
Main-d'œuvre et frais généraux. .	62	
Houille, 20 hectolitres.	40	
Craie 4.500 kil. à 10 f.	45	250 f.
Houille combustible et mélange, 5000k	125	
Main-d'œuvre et frais généraux.. .	80	
Total. .	838 f.	

Produit : 6.160 kil. soude.

6.160 : 838 :: 100 : 13,60

Nous devons faire remarquer, à propos de ces comptes de revient, que le sulfate de soude des cylindres ne vaut aujourd'hui à Paris que 12 francs les 100 kil., que la houille, hors barrière, ne vaut guère que 35 francs la voie. D'un autre côté, nous pensons qu'à Marseille l'acide sulfurique des chambres ne vaut pas plus de 8 fr. les 100 kil. Du reste, comme ces matières varient de prix assez souvent, il faudra changer ces prix suivant les circonstances. M. Payen fait remarquer judicieusement qu'à Marseille les matières premières coûtent moins cher qu'à Paris, mais qu'en revanche l'acide hydrochlorique a une plus grande valeur dans cette dernière ville; de sorte qu'il y a presque compensation pour le prix de revient dans ces deux lieux de production.

Les emplois de la soude brute sont aujourd'hui bien

moins importants qu'autrefois : dans la plupart des cas, on préfère employer le sel de soude, ou soude raffinée, dont nous allons parler.

Soude raffinée. Outre ce nom et celui de sel de soude, le produit du raffinage de la soude brute portait encore, il y a quelques années, les noms de *soude blanche*, *petite potasse*, *potasse factice* : celui de sel de soude prévaut généralement aujourd'hui.

Le raffinage de la soude est une opération fort simple, puisqu'elle se borne à lessiver la soude brute, rapprocher la solution, dessécher et calciner le produit salin obtenu ; elle présente cependant quelques difficultés en raison de la forme plastique du marc ou matières insolubles, forme qui s'oppose à la pénétration de l'eau.

On peut opérer le lessivage des soudes brutes par trois procédés différents qui sont le touillage, la filtration et l'appareil de double déplacement.

Le procédé de touillage a été indiqué par Loysel et décrit exactement dans tous ses détails par ordre du Comité de salut public. La soude tamisée est délayée dans environ quatre fois son poids d'eau, on laisse déposer pendant une heure et demie, et ensuite on décante la liqueur surnageante, qu'on rend plus riche en la délayant avec de la soude non encore lavée, tandis que le marc du premier touillage est traité par de l'eau pure, et ainsi de suite. C'est donc un lavage méthodique qui, pour sa mise à exécution, exige cinq ou six tonneaux : ce procédé donne des dissolutions qui marquent 17° à l'aréomètre, et il présente cet inconvénient que l'eau n'agit que lorsque le mélange est mis en mouvement.

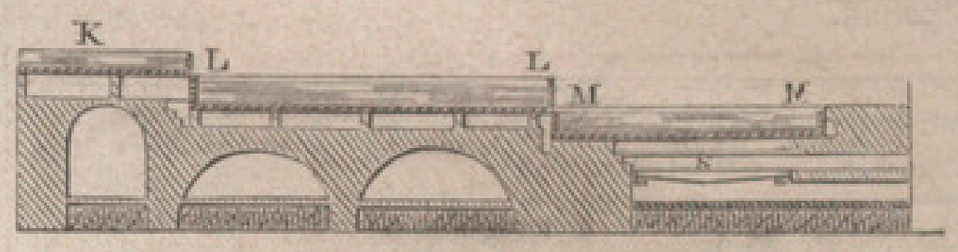
Le procédé de filtration, bien connu d'ailleurs, est méthodique, comme le précédent, mais il présente cet avantage que l'eau filtrant à travers une couche de soude, la solution qui s'écoule est continuellement remplacée par de l'eau moins chargée.

Le procédé de déplacement, analogue au procédé de touillage, en diffère cependant essentiellement en ce que le liquide et la soude marchent tous les deux en sens contraire. La fig. 2363 représente la coupe générale d'un appareil à double déplacement.

A, B, C, D, E, F, sont des vases en tôle ou en fonte dans lesquels s'opère le lessivage de la soude brute ; G, dernier vase où on laisse déposer la dissolution de soude avant de la soutirer dans les chaudières d'évaporation ; H, panier en tôle, dont le fond seul est percé de trous nombreux : c'est dans ces paniers qu'on place la soude qu'on veut lessiver ; I, chariot à poulie servant à transporter les paniers remplis de soude d'un vase inférieur à un vase supérieur ; J, petit chemin de fer suspendu sur lequel se meut le chariot qui doit transporter les paniers en tôle ; K, réservoir d'eau alimentant le premier vase A au moyen d'un robinet S.

1, 2, 3, 4, 5 et 6, tuyaux en fonte faisant communiquer la partie inférieure d'un vase avec la partie supérieure du vase suivant. On remarquera que ces tubes sont disposés de manière à pouvoir déverser le liquide dans les paniers ; ce liquide est donc obligé de traverser toute la soude brute contenue dans ces derniers avant de sortir des vases. Cette disposition est une véritable amélioration apportée à l'ancien procédé qui consistait à avoir des paniers percés de trous dans toute leur hauteur, et à faire arriver le liquide dans le vase, au lieu de le faire tomber au-dessus du panier. On gagne par cette modification 4 ou 5 degrés de concentration, c'est-à-dire qu'on obtient ainsi des dissolutions à 20 et même à 23 degrés, et on diminue sensiblement les frais d'évaporation.

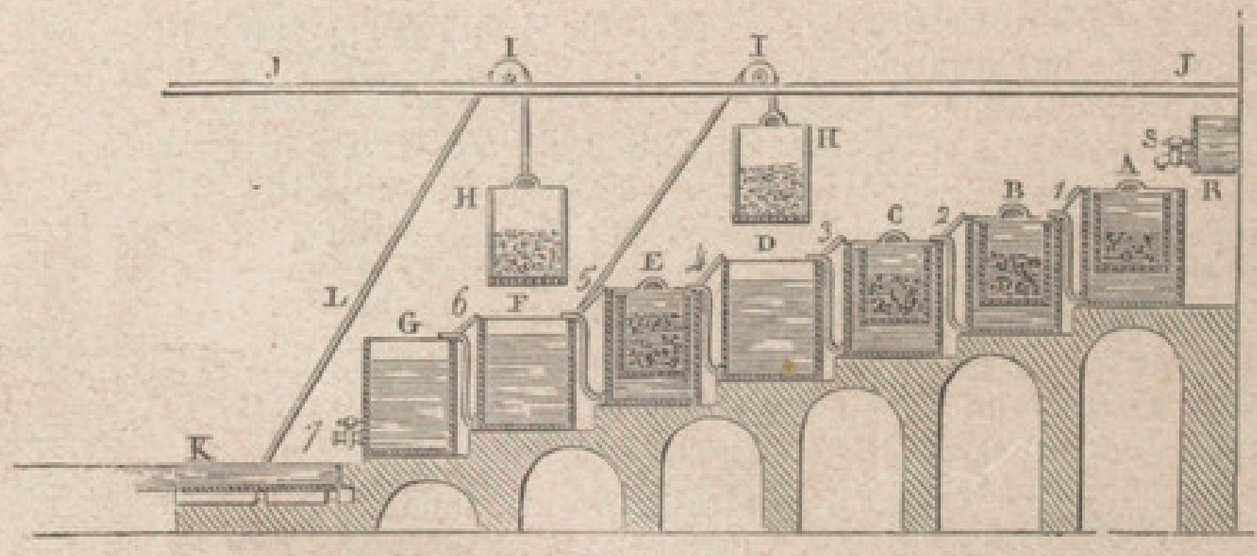
La dissolution est décantée dans les chaudières d'évaporation K, L, M (fig. 2364), en tôle, alimentées par le



2364.

robinet 7. Ces chaudières en gradins sont chauffées par les produits de la combustion du foyer N. Lorsque la dissolution marque à chaud 28 à 30° dans la chaudière M, on la fait couler sur la sole d'un four à réverbère, où la dessiccation et la granulation s'opèrent. Ce four est chauffé au coke très modérément d'abord, afin d'éviter l'agglomération en masses et en croûtes adhérentes à la sole ; on remue aussi constamment. Lorsque le dessèchement semble complet, on chauffe plus fortement afin de faire rougir le sel et de brûler quelques matières organiques qui le saliraient. L'opération terminée, on défourne et on laisse refroidir sur un plateau en tôle avant d'embariller.

Pendant le lessivage de la soude brute, toutes les matières solubles qu'elle contient se dissolvent ; ainsi en supposant que, dans la décomposition du sulfate de soude par la craie, il se formât seulement du carbonate de soude et du sulfate de chaux, lors de la dissolution il se reformerait du sulfate de soude et du carbonate de chaux, et il se produirait une décomposition analogue si au lieu de sulfate de chaux il n'y avait que du sulfure de calcium ; aussi faut-il que ce sulfure se trouve combiné à de la chaux, avec laquelle il forme un oxy-sulfure insoluble.



2363.

Quel que soit le procédé de lavage, il importe de ne se servir que d'eau ou de solutions froides ou tièdes ; si l'on faisait usage d'eau ou de solutions bouillantes, on favoriserait la dissolution et la réaction du sulfure de calcium, et on obtiendrait des lessives sulfurées. On trouve, dans le commerce, du sel de soude à divers degrés de richesse, degrés que l'on titre par l'alcalimètre (voir ALCALIMÈTRE). Le bon sel de soude titre au moins 80°. Il vaut aujourd'hui 43 francs les 100 kil. en gros.

Ce serait ici le moment de parler des procédés qui ont été proposés depuis quelques années pour la fabrication du sel ou carbonate de soude ; cependant il nous semble préférable de remettre leur description après l'étude que nous avons à faire des dérivés du carbonate de soude.

Carbonate de soude ou *cristaux de soude*. Le sel de soude qu'on emploie à la fabrication des cristaux doit être le plus blanc et le plus riche du commerce : on

SOUDE.

commence assez souvent par lui faire absorber le plus possible d'alcali carbonique de l'atmosphère, car le sel de soude contient toujours une quantité plus ou moins forte de soude caustique ; pour cela, on l'étend à l'air en couches minces qu'on remue de temps en temps pour arriver plus facilement au but proposé ; puis on fait dissoudre, et dans la dissolution on fait passer quelquefois de l'air atmosphérique au moyen d'un tambour ventilateur à force centrifuge, toujours en vue de carbonater la soude caustique. Lorsque la dissolution faite nécessairement dans de l'eau bien chaude marque 30° à l'aréomètre de Beaumé, on opère une sorte de clarification en y ajoutant un demi-millième de chaux vive qu'on délaie bien dans toute la masse, puis on laisse déposer ; il se forme du carbonate de chaux qui, en se précipitant, entraîne les corps étrangers. Dès que la température est descendue à 60 ou 70°, on tire au clair dans des cristallisoirs en zinc ou en cuivre, ou dans de grandes terrines d'une capacité de 50 litres La cristallisation doit se faire dans un lieu à température constante, de manière qu'elle dure trois ou quatre jours ; lorsqu'elle est à son terme, on fait égoutter les terrines, et on porte les pains de cristaux dans une étuve où la dessiccation se termine. Le carbonate doit de suite être emballé dans des tonneaux bien clos en bois blanc, et dans tous les cas on doit le conserver dans un magasin humide : sans cela, il s'effleurirait.

Les eaux-mères des cristaux sont évaporées à sec pour faire du sel de soude à bas titre qu'on livre au commerce.

Les cristaux de soude, chauffés dans une chaudière plate, se fondent, se dessèchent ; en agitant sans cesse avec un rable ou un ringard, on réduit en poudre qui, refroidie et emballée en tonneaux, est expédiée sous le nom de *carbonate sec*, *cristaux de soude desséchés*. Le principal but de cette opération est de diminuer les frais de transport en enlevant aux cristaux les 62/100es d'eau qu'ils recèlent.

Usages du carbonate de soude. Il est peu de substances qui aient reçu autant d'applications que le sel de soude. Son emploi le plus fréquent est de servir, caustifié ou non, au blanchissage du linge, au blanchiment de presque tous les tissus, en raison de la propriété que possèdent les alcalis et les sels alcalins de dissoudre les matières organiques grasses ou colorantes qui salissent les étoffes. Les soudes sont la base des savons durs et des savons résineux. Le sel de soude est employé en grande quantité dans les fabriques de glaces, de gobeleterie, de verres à vitres ; conjointement avec les cristaux de soude, il sert journellement dans les ateliers de peinture et d'indiennes, notamment pour dissoudre la matière colorante du rocou, du carthame, pour la confection de la belle couleur dite des Indes. Il est encore utilisé dans la préparation des chlorures désinfectants, dans la fabrication du borax, etc.

Préparation du bicarbonate de soude. Bien que la fabrication de ce sel ne soit pas bien importante, elle est cependant digne d'intérêt.

Pour le préparer en grand, il suffit de placer dans des caisses en bois blanc le carbonate de soude cristallisé, d'y porter le gaz acide carbonique lavé, et d'exercer une pression, en ne permettant au gaz de s'échapper qu'après avoir soulevé une colonne d'eau de 40 à 60 centimètres ; bien entendu que l'on fait toujours arriver d'abord le gaz dans celles qui approchent le plus du terme de saturation, et qu'il est forcé de traverser en dernier lieu celles qui renferment le carbonate de soude le moins attaqué.

Ce mode de préparation n'est employé que depuis les résultats publiés par Smith et vérifiés par Boullay. Ce chimiste a observé qu'en mettant en contact sous une faible pression, de l'acide carbonique et des cristaux de soude, le sel perd bientôt sa transparence, conserve sa forme, et devient poreux et friable. En prenant une texture feuilletée, le sel perd une grande partie de son eau de cristallisation qui ruisselle sur les parois du vase. Cette eau contient nécessairement en dissolution du carbonate et du bicarbonate qu'on obtient par évaporation. Quand l'absorption de l'acide carbonique cesse, on retire la masse de l'appareil, on la délaie dans une petite quantité d'eau, on fait égoutter celle-ci ; enfin on comprime le sel et on le sèche à l'air.

Aujourd'hui la presque totalité du bicarbonate de soude est préparée au moyen de l'acide carbonique naturel qui se dégage en abondance de certaines sources. A Vichy, entre autres, on en fait des quantités assez considérables au moyen d'un appareil imaginé par M. Brosson, appareil qui a la plus grande analogie avec celui que nous avons indiqué tout-à-l'heure.

Ce qui fait la valeur du bicarbonate, c'est la quantité d'acide carbonique qu'il renferme ; il est facile d'en faire l'essai, puisque ce sel, étant bien saturé, doit par la chaleur dégager un équivalent d'acide carbonique, soit en poids 275 pour 1053, ou 26 p. 100 ; et, comme le litre d'acide carbonique pèse 1gr,980, il s'ensuit que 1k de bicarbonate doit dégager un peu plus de 130 litres d'acide ; mais jamais on ne rencontre le bicarbonate à cet état de saturation d'acide.

Le bicarbonate de soude est spécialement employé dans la préparation des liqueurs rafraîchissantes, surtout aujourd'hui qu'on a mis dans les mains du public des appareils où l'eau gazeuse se forme facilement sans contenir de bitartrate de soude. Dans les laboratoires, il sert de réactif ; les teinturiers l'utilisent quelquefois à cause de sa faible réaction alcaline pour neutraliser certains acides, celui de la garance par exemple. Enfin, il est employé dans la préparation des pastilles digestives de d'Arcet qui facilitent la digestion et imitent en quelque sorte les effets des eaux de Vichy.

Soude ou lessive caustique. Bien que le carbonate de soude jouisse de propriétés alcalines, son action n'est pas à beaucoup près aussi énergique qu'elle le serait, si l'acide carbonique ne venait pas saturer, neutraliser en partie les propriétés des bases. L'acide carbonique est heureusement de tous les acides celui qui prive le moins les alcalis de leur énergie et celui qu'on leur enlève le plus facilement. *Caustifier* un alcali, c'est lui enlever son acide carbonique, et pour arriver à ce but, on fait, depuis un temps immémorial, usage de la chaux qui, en se combinant avec l'acide carbonique, forme un sel complétement insoluble. Généralement on fait réagir la chaux sur l'alcali dans l'eau que l'on maintient en ébullition pendant une heure ; la soude reste en dissolution tandis que le carbonate de chaux se dépose. On s'aperçoit que la dissolution est caustique quand elle ne fait plus d'effervescence avec les acides ou quand elle ne trouble plus l'eau de chaux. Nous disons que généralement on porte à l'ébullition, et non pas toujours, car pour certains usages l'emploi de l'eau chaude pourrait nuire.

Le poids de chaux à employer pour caustifier complétement le carbonate de soude, dépend évidemment de la quantité d'acide carbonique qu'il renferme. En supposant la soude combinée exactement avec l'acide carbonique, il y aurait dans le carbonate 41,43 p. 100 d'acide ; la théorie indique que pour absorber cette quantité d'acide carbonique il faut 53,57 de chaux vive supposée pure. Mais jamais la chaux n'a cet état de pureté absolue, et il vaut mieux dans tous les cas en employer un peu trop, ce qui est sans inconvénient, que pas assez ; d'un autre côté il faut considérer qu'il y a toujours dans le sel de soude un peu de sels étrangers. Eu égard à ces diverses considérations, il est sage d'employer au moins 60 p. 100 de chaux vive et partant une quantité proportionnelle de chaux éteinte.

On n'est pas bien d'accord sur l'état dans lequel la

chaux doit être employée. Les uns veulent que la chaux soit éteinte à l'avance, les autres disent que la chaux vive doit être préférée, en ce sens que placée dans la dissolution du carbonate alcalin elle s'y éteint en augmentant singulièrement la température du mélange et apportant nécessairement une économie de combustible. Les savonniers trouvent un avantage à faire le mélange de la potasse ou de la soude avec la chaux vive en même temps que l'énorme chaleur dégagée facilite la désagrégation des morceaux de salin dont quelques-uns sont très durs.

La quantité d'eau employée joue un grand rôle dans la réaction ; la chaux n'agit en effet sur le carbonate en dissolution que si elle est en dissolution elle-même, et on sait qu'elle est très peu soluble. Voilà du moins l'opinion de plusieurs chimistes. Mais il serait peut-être plus exact de dire que la quantité d'eau influe surtout en ce que la dissolution du carbonate est moins forte et que la chaux n'agit pas facilement pour décarbonater si cette dissolution marque plus de 10 à 12 degrés au pèse-sel. Nous trouvons aujourd'hui dans les réactions chimiques un assez grand nombre d'exemples de corps qui agissent sans être en dissolution, pour croire qu'il doit en être de même de la chaux.

Quoi qu'il en soit, le rôle de l'eau en certaine quantité est incontestable et on admet généralement qu'il faut de 7 à 8 parties d'eau pour une de carbonate à caustifier. Il faut aussi qu'il y ait agitation dans le mélange, car le carbonate de chaux déposé empêcherait le contact de la chaux et de la dissolution. C'est à Descroizilles, le père, qu'on doit cette remarque importante du rôle de l'eau dans la caustification. Il prétendait lui que la chaux doit être en dissolution pour agir.

Pour obtenir de la soude caustique pure, il faut, au lieu de sel de soude, employer des cristaux et suivre d'ailleurs la marche qui a été indiquée pour la préparation de la potasse caustique (voyez POTASSE).

L'eau seconde de la soude n'est autre chose qu'une lessive caustique de sel de soude. Pour la conserver caustique, on met dans le vase bien bouché qui la contient un peu de chaux vive qu'on met de temps en temps en suspension dans la liqueur par agitation. On regarde souvent l'*eau seconde de potasse* comme préférable en ce qu'elle décrasse plus facilement et qu'elle attaque moins les pinceaux, car c'est dans les nettoyages de peinture que ces eaux sont surtout employées.

Il y a aussi de l'eau seconde colorée ; on lui donne la couleur avec de la sciure de bois.

Dans les premières années de la fabrication de la soude, on songea à remplacer dans beaucoup d'usages la potasse par la soude ; mais la routine s'opposant à cette substitution, on dut tromper ses injustes préventions. Pour cela on fabriqua des *potasses factices*, qui n'étaient autre chose que de la soude préparée de manière à imiter la potasse pour l'aspect et la couleur ; c'est ainsi qu'on donnait la couleur rouge avec de l'oxyde de cuivre. Aujourd'hui le bon sens et les connaissances plus avancées du public dans les arts chimiques, rendent presque nulle la fabrication de la potasse factice ; nous n'en parlerons donc pas.

Nous avons à parler maintenant des procédés nouveaux qui ont été conseillés depuis une dizaine d'années pour la fabrication du carbonate de soude.

Nous n'avons qu'à citer pour mémoire deux procédés qui n'ont pas reçu d'application. Le premier consistant à amener le sulfate de soude à l'état de sulfure de sodium qui, en dissolution dans l'eau, est décomposé par l'acide carbonique ; le deuxième mettant à profit l'action réciproque à l'état liquide du chlorure de sodium et du sesqui-carbonate d'ammoniaque. En faisant dissoudre du sesqui-carbonate d'ammoniaque dans une solution saturée de sel marin, il se précipite du carbonate de soude et il reste dans la liqueur de l'hydrochlorate d'ammoniaque, qu'on utilise pour préparer du nouveau carbonate d'ammoniaque. Un inconvénient principal de ce procédé, c'est qu'il ne peut y avoir double décomposition complète entre les deux sels employés, l'un étant un sel neutre, l'autre un sesqui-carbonate. Il y avait par cela même et ensuite par la transformation du chlorhydrate d'ammoniaque en carbonate un déchet d'ammoniaque assez considérable qui, vu le prix élevé du carbonate, rend le procédé trop coûteux pour être appliqué avec avantage.

M. Becquerel, de l'Institut, a communiqué à l'Académie des sciences une note très intéressante dont nous extrayons ce qui suit.

« Essayer de retirer la soude et la potasse de leurs sels respectifs en n'employant seulement que le fer ou la fonte, l'eau et l'air à la température ordinaire, est un problème qui au premier abord présente des difficultés ; mais pour quiconque connaît toute la puissance de l'action chimique de l'électricité, ces difficultés ne sont pas de nature à arrêter longtemps.

« Schéele avait déjà reconnu que le fer décomposait le sel marin en donnant naissance à de l'alcali minéral.

« Lorsqu'un morceau de fer ou de fonte est plongé en partie dans une solution de sulfate de soude ou de chlorure de sodium, il se produit des effets de transport dont nous allons faire connaître la cause. On sait que les actions combinées de l'air, de l'eau et du sulfate de soude, sur un morceau de fer qui plonge entièrement dans la solution, suffisent pour décomposer le sulfate ; il se forme du protosulfate de fer qui est immédiatement décomposé par la soude mise à nu, et il se précipite de l'oxyde de fer qui passe peu à peu à l'état d'hydrate de peroxyde ; mais il n'en est plus de même quand le fer n'est plongé qu'en partie : il se forme alors du protosulfate de fer qui reste en dissolution, tandis que la soude sort de celle-ci pour se placer sur la partie non immergée du métal, où elle se combine immédiatement avec l'acide carbonique de l'air ambiant ; de là il résulte du carbonate de soude qui cristallise en houppes soyeuses très près de la surface du liquide. Au bout de peu de jours on a des masses assez volumineuses qu'on enlève facilement. Les réactions ont lieu à peu de distance de la surface du liquide, là où le métal s'oxyde le plus facilement. Aussi la quantité de carbonate de soude formée dans un temps donné est-elle la même que la partie immergée du métal, soit égale à un décimètre ou à un centimètre. »

Quant à la cause de la décomposition, M. Becquerel dit, « qu'il y a là un phénomène de transport analogue à celui qui a lieu sous l'influence des forces électriques ; il suffit pour cela de considérer la partie immergée et la partie non immergée du métal, l'une comme le pôle positif, l'autre comme le pôle négatif d'un couple voltaïque, et rien n'est plus simple que de justifier l'existence de ce couple ; la partie immergée est attaquée par la solution, celle qui ne l'est pas est en dehors de cette solution, elle est recouverte d'une couche d'eau hygrométrique qui sert à constituer le circuit électro-chimique, de sorte que l'on a les mêmes effets que ceux produits lorsqu'on plonge une lame de métal dans deux liquides superposés, dont l'un attaque le métal et l'autre ne l'attaque pas : le phénomène est donc purement électro-chimique.

« L'expérience a été faite sur une assez grande échelle pour savoir jusqu'à quel point il était possible d'appliquer à l'industrie le procédé dans le but d'obtenir de la soude par la décomposition, soit du sulfate de soude, soit du chlorure de sodium. J'ai fait construire à cet effet six cylindres creux en fonte, ouverts par les deux extrémités, de 33 centimètres de diamètre, 23 centimètres de hauteur et 3 centimètres d'épaisseur. Ces cylindres ont été mis dans des baquets renfermant une

solution de sulfate de soude marquant 14 degrés. Le niveau de la solution se trouvait à 2 centimètres en contre-bas de l'extrémité supérieure.

« Pour recueillir le carbonate de soude, on a placé sur la partie supérieure du cylindre un plateau de cuivre évidé au milieu et dont les bords étaient rabattus avec pression sur les parois intérieures et extérieures du cylindre et ne faisaient que toucher la solution; on avait ainsi des couples voltaïques bien établis composés de fonte, de cuivre et d'une solution de sulfate, mais le cuivre n'était là, je le répète, que pour recueillir du carbonate de soude au fur et à mesure qu'il se formait sans être coloré par la rouille. Vingt-quatre heures après on a commencé à apercevoir des cristaux de carbonate de soude sur le cuivre, lesquels ne tardèrent pas à recouvrir toute la surface annulaire du plateau. Au bout de 15 jours on a pu recueillir sur chaque cylindre une cinquantaine de grammes de carbonate de soude très pur, très blanc et privé sensiblement de sulfate de soude. L'effet n'était pas plus marqué que quand on n'employait seulement que la fonte.

Au lieu d'un plateau annulaire évidé au milieu, j'ai employé un plateau plein qui n'a pas tardé à se recouvrir de carbonate de soude. Bien que ce procédé très simple ne puisse être l'objet d'une exploitation en grand à cause du développement considérable des pièces de fonte qu'il exigerait, cependant on peut l'employer avec succès sur le bord de la mer et presque sans frais pour des besoins personnels ou de petites exploitations, puisqu'il ne faut que des morceaux de vieille fonte, des bassins et un abri. J'ajouterai encore que dans les localités où le combustible manque et où il est impossible de se procurer de l'alcali par l'incinération du bois, on pourra utiliser ce procédé. Un autre motif m'a encore guidé dans mes recherches : le développement incessant de la civilisation diminuant de jour en jour nos ressources en combustibles, nous devons nous attacher, comme je l'ai déjà dit en exposant le traitement électro-chimique des minerais d'argent, de cuivre et de plomb, à chercher les moyens de former un jour une foule de produits indispensables aux besoins de la vie sans l'emploi de la chaleur. »

Procédé Balard. Nous arrivons à un procédé dû à Balard, procédé qui a pour but non pas de faire du carbonate de soude, mais d'extraire des eaux mères des marais salants la matière première du carbonate, c'est-à-dire le sulfate de soude.

On sait que les travaux de Green et de Berthier ont indiqué le moyen d'extraire des eaux mères des salines une quantité plus grande de sel marin en faisant agir le sulfate de soude sur le chlorure de calcium obtenu lui-même en traitant par un lait de chaux les eaux mères riches en chlorure de magnésium. Balard a pris pour ainsi dire la contre-partie de ce procédé. Cet habile chimiste, connaissant par les travaux qui l'avaient mené à la découverte du brome la composition exacte des eaux mères des marais salants, songea au moyen de transformer en sulfate de soude le sulfate de magnésie qu'elles contiennent, et cela par l'intervention du chlorure de sodium (sel marin) qui se trouve nécessairement aussi dans ces eaux mères.

Nous avons donné à l'article MARAIS SALANTS l'analyse des procédés qu'il a imaginés ; nous ne les répéterons pas ici.

Nous dirons seulement qu'il a été établi que par l'application de ce procédé, dans une saline de 200 hectares, on obtenait facilement 600.000 kilogrammes de sulfate de soude au lieu de 2.600.000 qu'indique la théorie. Or, comme la consommation de la France est de 50 millions de kilogrammes de sulfate, il suffirait d'employer à l'évaporation de l'eau de mer 20.000 hectares environ. Ce n'est qu'une petite fraction de ce que, depuis Hyères jusqu'à Perpignan, la France possède en étangs peu profonds, en plages nivelées et séchées, que l'agriculture n'enlèvera que bien difficilement aux plantes marines, dont elles sont en quelque sorte le domaine.

En faisant la part des améliorations probables, certaines mêmes, suivant lui, Balard disait que cette surface peut être réduite à 5 ou 6.000 hectares, dont les salines du Midi représentent déjà une moitié.

Salins de betteraves. Les salins de betteraves donnent de la soude, et surtout de la potasse, comme il a été dit à l'article SALIN. Nous y avons décrit le four le plus convenable pour l'évaporation des vinasses, qui a remplacé avec succès les tours et appareils qui avaient été employés antérieurement. A. MALLET.

Extraction de la soude à l'aide de l'ammoniaque. Procédé Sclœsing et Solvay. On avait plusieurs fois proposé d'employer le carbonate d'ammoniaque pour décomposer le sel marin, le bicarbonate de soude se précipitant dans la liqueur, mais la perte d'ammoniaque à l'état de sesqui-carbonate rendait le procédé bien trop coûteux. Il n'en est plus ainsi depuis que Sclœsing a imaginé de lancer l'acide carbonique en excès dans les liqueurs en même temps que l'ammoniaque, d'appliquer les procédés de carbonatation des sucreries, qu'on a étudié les moyens de recueillir l'ammoniaque et de le revivifier avec la chaux, en vue d'une nouvelle opération.

Toutefois, le succès industriel ne fut obtenu que par Solvay, qui réussit à organiser cette fabrication en Belgique, à l'abri des exigences du fisc français, faisant alors payer l'impôt du sel sur toute la quantité mise en œuvre.

Exposons le principe de cette fabrication d'après une analyse excellente de M. E Kopp, insérée dans le *Dictionnaire de Chimie* de Wurtz.

Le bicarbonate d'ammoniaque donne avec le sel marin, par double décomposition, du bicarbonate de soude peu soluble et du carbonate d'ammoniaque très soluble dans l'eau. On utilisera donc cette réaction en ajoutant à une solution presque saturée de sel marin, du bicarbonate d'ammoniaque, ou, ce qui revient au même, de l'ammoniaque caustique, plus ou moins mélangée de carbonate d'ammoniaque et sursaturée ensuite par l'acide carbonique.

Le bicarbonate sodique est recueilli, lavé, séché et finalement calciné. Il se convertit par là en carbonate de soude, avec dégagement de la moitié de l'acide carbonique qu'on fait rentrer dans la fabrication.

Le chlorure ammoniaque des eaux mères, bouilli avec de la chaux, fournit du chlorure de calcium et laisse dégager tout l'ammoniaque qu'on fait agir à nouveau.

Dans la solution de sel marin chargée d'ammoniaque, on fait passer de nouveau un excès d'acide carbonique, etc.

Rien de plus simple, de plus facile et de plus rationnel à première vue; un beau sel de soude, sans causticité aucune, ne pouvant renfermer ni fer, ni alumine, ni silice, ni sulfate, ni sulfure, pas d'autre résidu que du chlorure de calcium inoffensif; plus de fours à pyrites, de chambres de plomb, de fours à sulfate et de tours de condensation, plus d'acide chlorhydrique en grand excès ou de charrées de soude encombrantes. De plus, le procédé s'applique directement aux eaux salées, pourvu qu'elles soient suffisamment concentrées et pures et offre sous ce rapport un grand avantage sur le procédé Leblanc qui exige du sel gemme ou du sel marin desséché.

Tous ces avantages ont été reconnus de prime abord; et cependant il a fallu trente années pour que le procédé à l'ammoniaque ait pu prendre racine et s'établir définitivement dans l'industrie (sans jamais

pouvoir faire disparaître le procédé Leblanc, source d'acide chlorhydrique et de chlore si indispensable pour le blanchiment).

C'est que pour réussir il fallait prendre en considération bien des circonstances et surtout construire des appareils tels que le bicarbonate sodique soit obtenu exempt d'eaux mères et que toute perte d'ammoniaque soit évitée ou au moins réduite au minimum possible.

Il faut d'abord tenir compte de ce fait que la réaction fondamentale n'est plus absolue. Si l'on opère sur des équivalents égaux de AzH^3 et NaCl, quand même on fournit l'acide CO^2 en excès, l'on n'obtient que les 2/3 de la soude à l'état de bicarbonate et une forte proportion de bicarbonate d'ammoniaque est sans emploi.

Si, au contraire, les proportions sont 2 équivalents de Na Cl ou même seulement 1 équivalent 1/2 pour 1 d'ammoniaque, les 4/5 de AzH^3 sont utilisés, mais il reste alors une forte proportion de NaCl non décomposé; il est donc indispensable d'avoir le sel marin à très bon marché, pour pouvoir se dispenser de traiter les eaux mères en vue du sel qu'elles renferment encore.

Cette condition est facile à réaliser dans les salines qui possèdent des eaux salées naturellement concentrées. L'eau salée ne doit, du reste, point être entièrement saturée, et si elle l'était, il faudrait en abaisser le degré de 25 degrés à 23 dégres, ou 24° Baumé par l'addition d'eau. C'est que l'eau salée saturée, si l'on y condense l'ammoniaque, laisse facilement déposer du chlorure de sodium cristallisé, qui échappe alors à la double décomposition; en outre, après la saturation avec l'acide carbonique, le dépôt de bicarbonate sodique contient presque toujours une certaine proportion (jusqu'à 6 pour 100) de bicarbonate d'ammoniaque cristallisé, peu soluble, et dont il est par conséquent difficile de débarrasser, même par lavage, le bicarbonate sodique.

Plus le chlorure sodique est en excès, moins on a à craindre le dépôt de bicarbonate d'ammoniaque.

L'acide carbonique étant d'autant plus facilement absorbé qu'il est plus pur, que les liqueurs sont plus froides et qu'on opère sous pression, il importe de réaliser ces trois conditions.

On prépare le plus économiquement l'acide carbonique par combustion complète du coke. La chaleur développée par cette combustion est en outre utilisée pour calciner du calcaire ou de la dolomie.

Les fours employés à cet effet sont tout à fait semblables à ceux employés dans les fabriques de sucre de betteraves. Les gaz de ces fours sont pompés par des machines aspirantes et foulantes, débarrassés par des lavages (ce qui produit en même temps leur refroidissement) des poussières et autres impuretés entraînées et injectés ensuite dans les appareils renfermant la solution de sel marin chargée d'ammoniaque.

L'on arrive ainsi à obtenir un mélange gazeux (azote et acide carbonique avec un peu d'oxygène libre et oxyde de carbone) renfermant jusqu'à 20 pour 100 d'acide carbonique comme produit accessoire; l'on a en outre la chaux vive (avec ou sans magnésie) nécessaire pour le traitement des eaux mères chargées de chlorure ammonique.

Il sera toujours utile de refroidir la solution par des serpentins réfrigérants; du reste, si l'acide carbonique est injecté au bas d'une haute colonne de cette solution, de manière qu'il se dilate en s'élevant, cette dilatation ou expansion produit déjà par elle-même une notable absorption de chaleur, et contre-balance jusqu'à un certain point le développement de chaleur dû à la combinaison de l'acide carbonique avec la soude ou l'ammoniaque.

SOUDE.

Pour que le dépôt de bicarbonate sodique ne se tasse pas ou ne se prenne pas trop facilement en croûtes compactes et solides, il sera bon d'injecter le gaz, non en un courant continu et régulier, mais pour ainsi dire par bouffées, produisant ainsi une violente agitation du liquide.

La précipitation du bicarbonate sodique étant accomplie, il s'agit de le débarrasser le plus complètement possible des eaux mères.

L'on y arrive par l'emploi d'hydro-extracteurs et par des lavages, soit à l'eau froide, soit avec une solution de carbonate de soude pur. Ces opérations doivent s'exécuter en vases clos pour éviter toute déperdition de carbonate ammonique.

Comme l'on obtient des quantités très grandes d'eaux mères chargées de chlorure ammonique, qu'il faut porter à l'ébullition pour en chasser, avec le concours de la chaux ou de la magnésie, jusqu'aux dernières traces d'ammoniaque, il importe d'opérer dans des contrées où la houille ne soit pas d'un prix élevé et d'établir des appareils utilisant, de la manière la plus rationnelle, le combustible. Il faudra donc employer des séries de chaudières superposées l'une à l'autre, et dont la supérieure est toujours chauffée par la vapeur s'échappant de la chaudière inférieure; en un mot, des appareils semblables à ceux bien connus qu'on emploie pour obtenir l'ammoniaque, soit des eaux vannes ou des urines putréfiées, soit des eaux ammoniacales des usines à gaz.

Enfin, pour être certain de ne pas perdre d'ammoniaque, tous les gaz ou toutes les vapeurs, avant de s'échapper dans l'air, devront traverser des tours de condensation à coke humecté d'acide sulfurique ou d'acide chlorhydrique et alimentés par un filet de ces acides, pour y être débarrassés des dernières traces d'ammoniaque qu'ils pourraient y avoir entraînés.

Ajoutons encore qu'on ne laisse point perdre le gaz carbonique pur (chargé d'une petite quantité de carbonate d'ammoniaque) qui se dégage lors de la calcination du bicarbonate sodique pour le convertir en carbonate sodique ou en sel de soude, mais qu'on le fait rentrer dans le courant de la fabrication.

Application du procédé Solvay. Voici quelques détails sur la manière dont Solvay pratique le procédé de l'ammoniaque.

La transformation du sel marin en bicarbonate de soude se fait dans trois appareils dépendant l'un de l'autre. Le premier sert à préparer la solution concentrée de sel quand on opère sur le sel cristallisé; dans le second, cette solution se trouve saturée d'ammoniaque, et, dans le troisième, le liquide ammoniacal est décomposé par l'acide carbonique.

Le second appareil se compose d'un récipient plus haut que large, en tôle galvanisée, ou en plomb soutenu par un revêtement de bois; il est placé plus bas que le réservoir où se fait la solution, et communique avec son dernier compartiment au moyen d'un tube qui va du fond de l'un au fond de l'autre; il s'ensuit que le niveau des liquides s'établit d'après le principe des vases communiquants. Ce récipient est muni d'un double fond percé de trous; c'est au-dessous de ce double fond qu'arrive l'ammoniaque, qui, divisée par ce double fond en un grand nombre de bulles, se trouve aisément absorbée par la solution; cette opération augmente sensiblement le volume du liquide; en même temps, sa densité diminue et s'abaisse de 23° ou 24°, à 13° ou 16°. Comme, d'après le principe des vases communiquants, le niveau s'élève dans le même rapport, on a ainsi un moyen fort simple de régler l'opération, de manière qu'il ne sorte du deuxième appareil qu'une liqueur assez saturée d'ammoniaque. Il n'y a pour cela qu'à adapter au haut du récipient un tuyau d'écoulement latéral à l'endroit même où

s'élève le liquide lorsqu'il a une densité de 16° aréométriques.

Comme l'absorption du gaz ammoniaque produit une notable élévation de température, la solution saturée passe d'abord dans un réfrigérant, c'est-à-dire dans un réservoir où elle est refroidie dans un serpentin dans lequel circule de l'eau froide; elle arrive alors dans l'appareil d'absorption, dans lequel a lieu la décomposition par l'acide carbonique.

L'appareil dont il s'agit se compose d'un cylindre de 10 à 16 mètres, qui contient un certain nombre de cloisons convexes percées de petits trous et disposées chacune au-dessus d'une cloison plane percée d'un trou, ou seulement d'un petit nombre de trous qui permettent le passage du gaz et de la solution saturée. Au bord des cloisons percées de trous, il est bon de pratiquer des échancrures qui, dans le cas où les trous seraient obstrués, laisseraient encore passer le gaz à travers l'appareil.

On maintient cet absorbeur presque rempli de liquide et on fait arriver le gaz carbonique à sa partie inférieure au moyen d'une pompe foulante. De cette façon, non seulement le gaz se trouve en contact intime avec le liquide, qui entre environ à la moitié de la hauteur du cylindre par un tube. Cet écoulement est réglé de manière que le niveau soit constant, et se maintienne toujours à environ 3 mètres de l'extrémité supérieure du cylindre. De cette façon on ne renouvelle la liqueur que dans la partie supérieure de l'appareil; ce liquide descend très lentement et comme il se trouve rapidement saturé d'acide carbonique, il absorbe facilement l'ammoniaque qui pourrait se trouver enlevée par les gaz à la partie inférieure de l'appareil.

Les absorbeurs doivent être assez élevés pour qu'au moins la moitié du gaz carbonique qui entre à la partie inférieure, se trouve absorbée, et que toute l'ammoniaque contenue dans le liquide se trouve de suite convertie en bicarbonate; on obtient les meilleurs résultats avec une hauteur de liquide de 10 à 11 mètres et une pression des gaz de 1 1/2 à 2 atmosphères. Il est bon de ne pas faire arriver les gaz sous forme de courant continu, parce qu'une agitation empêche que le bicarbonate formé se dépose à certains endroits. Malgré cela, les petits trous des cloisons se trouvent de temps en temps bouchés par une croûte dure. Dans ce cas, on vide l'appareil, on le remplit d'eau, on y injecte de la vapeur, et quand les croûtes sont dissoutes, on soutire la solution, on remplit l'appareil avec le liquide d'un autre absorbeur et on continue l'opération.

Il est bon de soutirer environ toutes les demi-heures le liquide saturé d'acide carbonique; quant au bicarbonate qu'il tient en suspension, on le rassemble sur un filtre et on le lave avec très peu d'eau froide.

Pour obtenir le carbonate de soude, on peut se servir d'une chaudière en fer, fermée par un couvercle au travers duquel tourne un arbre dans une boîte à étoupe. Cet arbre porte dans le bas des bras, avec des ramasseurs qui agitent le bicarbonate, tandis que la chaudière est chauffée au degré voulu par un feu placé dessous. Le gaz chassé est ramené aux absorbeurs.

Nous ne décrirons pas le travail de revivification de l'ammoniaque par la chaux; c'est le même travail que celui de son extraction des eaux du gaz (Voyez ÉCLAIRAGE AU GAZ). Nous laissons de côté divers essais plus ou moins compliqués pour éviter toute perte. Il sera toujours plus avantageux, surtout quand on opère avec de l'eau salée naturelle, sans valeur, condition essentielle de succès, de laisser écouler le chlorure de calcium avec le sel marin que renferme la liqueur, après en avoir chassé jusqu'à la dernière trace d'ammoniaque, que d'essayer des purifications toujours coûteuses.

Le prix de revient du sel de soude, par ce procédé, paraît varier de 22 à 24 francs les 100 kilogrammes.

SOUDER. — FER A SOUDER. Une petite masse de cuivre, et quelquefois d'acier, fixée à l'extrémité recourbée d'un manche de fer que termine à l'autre bout une poignée de bois, telle a été l'origine, et presque jusqu'à ces derniers temps, l'outil désigné sous le nom de *fer à souder*. Pour la plupart des métaux, tels que le plomb, le zinc, le cuivre mince, le fer-blanc, on rapprochait et l'on superposait les parties à réunir; puis avec le fer à souder, préalablement chauffé dans un brasier de charbon, on fondait à l'endroit de la superposition un métal d'un degré plus fusible servant de soudure, et l'on opérait ainsi ce qu'on pourrait appeler une sorte de collage mécanique.

On comprend que tout au moins cette manière de chauffer le fer à souder était défectueuse. Le brasier portait avec lui des dangers, ainsi que le démontre, entre autres exemples, l'incendie de la cathédrale de Chartres. Les vapeurs de charbon ne sont pas des plus favorables à la santé des ouvriers; enfin, et surtout, le chauffage ainsi obtenu est inégal et imparfait, à ce point que le refroidissement ayant lieu dès que l'on opère, le fer à souder n'est au degré de chaleur voulue que pendant l'intervalle d'une seconde, le temps de passer d'une température trop élevée à une température trop basse.

M. Desbassayns de Richemont, l'inventeur de l'appareil que nous avons décrit et représenté à l'article CHALUMEAU AÉRHYDRIQUE, a obvié à tous ces inconvénients de la manière la plus heureuse.

Un dessin ne nous sera pas indispensable, si nous nous reportons à ce que nous avons dit du chalumeau aérhydrique. Qu'on imagine en effet que la tige N N N (voir la fig. 397) soit remplacée par le manche *creux* d'un fer à souder, et que la petite masse de cuivre qui doit le terminer soit fixée au-dessous de l'extrémité du gland par lequel sort le mélange enflammé. Dès lors, l'ouvrier, ayant réglé la flamme, tient dans ses mains un fer à souder, chauffé précisément au degré désirable, et qui peut y être maintenu pendant des journées entières sans qu'il soit besoin de l'échanger ou de l'abandonner un seul instant; de là résulte une triple économie de main-d'œuvre, de combustible et de difficultés dans le travail. A l'heure du repos, on ferme les robinets, et toute dépense cesse en même temps que disparaît toute cause de danger d'incendie. Pour le chauffage des fers à souder dans les ateliers, la flamme du chalumeau aérhydrique peut même être remplacée, le plus souvent avec avantage, par une flamme produite avec le gaz de l'éclairage public, au milieu de laquelle est insufflé un jet d'air. Il faut pour cela modifier la construction intérieure du manche creux, qui se compose alors de deux tubes excentriques.

Si le gaz manque, on peut encore employer le fer à foyer de platine inventé par M. le Dr Paquelin. L'appareil de M. Paquelin comprend trois parties: 1° le fer à souder, qui est creux, en cuivre ou en fer, emmanché d'un tube métallique renfermant un foyer de combustion en platine; 2° un vase carburateur à essence minérale, sorte de petit bidon à trois orifices, que l'on porte en bandoulière sous l'aisselle gauche; 3° un soufflet à vent continu qui se meut avec le pied ou avec la main. Ces trois parties sont reliées entre elles par deux tubes en caoutchouc à parois épaisses, dont l'un va du soufflet au carburateur, l'autre de ce vase à l'extrémité libre du manche de fer à souder. Le petit foyer de platine peut porter la masse du métal qui l'enveloppe en moins d'une minute au degré voulu pour souder. L'essence minérale dont il faut faire

usage est celle de la vente courante; la dépense du fer à souder fonctionnant sans interruption au moyen de cette essence est de 3 centimes par heure. Le chauffage de ce fer est presque instantané; on peut en régler à volonté la température; il est beaucoup plus léger que le fer à souder ordinaire; son foyer de combustion est inoxydable; il permet d'opérer facilement certains travaux d'une exécution difficile.

SOUDURE AUTOGÈNE. M. Desbassayns de Richemont a nommé ainsi la soudure d'un métal par lui-même, obtenue avec le seul intermédiaire de la chaleur, sans le secours d'un autre métal ou alliage plus fusible.

La *soudure autogène du plomb*, par exemple, consiste donc dans la réunion du plomb à lui-même, de telle sorte qu'il n'y a pour ainsi dire plus *soudure* dans l'acception ordinaire du mot, mais bien reconstitution de plusieurs pièces de plomb en une seule et même masse parfaitement homogène, et dont aucune partie ne peut être distinguée du reste par l'analyse chimique. Ce résultat est facile à obtenir à l'aide du chalumeau aérhydrique. Au besoin, le lecteur peut recourir à la description que nous avons faite de cet instrument (fig. 395), et nous prendrons pour point de départ l'*outil de feu*, le *dard de flamme*, intense, mobile, réglé à volonté, que nous a donné l'appareil dont nous avons indiqué le facile mécanisme. Pour souder le plomb sur lui-même, l'ouvrier place bord à bord les parties à réunir, il les décape avec le grattoir, en appuyant sur l'arête de manière à enlever un peu plus que la partie salie ou oxydée; et, tenant d'une main une mince lanière ou baguette de plomb décapé et de l'autre main le dard de la flamme, il opère, en avançant assez rapidement, la fusion simultanée des deux parties rapprochées et de l'extrémité de la baguette, si bien que celle-ci rétablissant ce qui a dû être enlevé sur les arêtes par le grattoir, la réunion se trouve complète et ne saurait même, si l'ouvrier est adroit et si on y attachait d'ailleurs quelque importance, être reconnue par des yeux exercés. Avec quelques dispositions particulières et certains *tours de main*, difficiles à décrire, pour les soudures verticales, les soudures d'angles, les nœuds, etc., il n'est pas de difficulté qui, au moyen du chalumeau aérhydrique, ne devienne bientôt un jeu d'enfant.

De la simple définition que nous avons donnée des soudures autogènes, il résulte nécessairement qu'elles sont à l'abri des chances de pertes, qui, dans l'ancien système, avaient pour causes les différences de dilatation du plomb et de ses alliages avec l'étain, différences qui se font particulièrement sentir dans les grands froids ou à des températures élevées; les actions électro-chimiques qui se développent dans certaines circonstances, par suite du contact de deux substances métalliques hétérogènes ; les réactions extrêmement énergiques qu'exercent sur les alliages de plomb et d'étain une foule d'agents chimiques qui n'attaquent pas le plomb; la grande fragilité de ces mêmes alliages, qui, à chaud surtout, se brisent quelquefois au moindre choc; la difficulté de faire bien prendre et adhérer l'ancienne soudure à la surface du plomb, où elle n'est parfois qu'à peu près scellée sans que l'ouvrier puisse le savoir; enfin l'emploi de la résine, qui si souvent masque pour un temps des fuites très prononcées.

Mais c'est surtout pour les arts chimiques, et notamment pour les chambres de plomb servant à la fabrication de l'acide sulfurique, que la soudure autogène est d'un usage indispensable. Avec elle plus de difficultés pour la confection en plomb pur des cornues, flacons, bassines, chaudières, bassines, bacs à dérocher, cristallisoirs, serpentins, vases ou barriques pour le transport des acides, etc. Veut-on avoir réunies la résistance chimique du plomb et la résistance mécanique du fer, du cuivre, du bois? un simple recouvrement en plomb soudé sur lui-même sur un vase quelconque fait avec l'une de ces matières, présente ce double avantage. Aussi toutes les fabriques de produits chimiques ont-elles trouvé un précieux secours dans l'emploi de l'appareil aérhydrique. Les fabriques d'acide sulfurique, surtout, lui ont fait bon accueil. On sait que les établissements dans lesquels cet acide est fabriqué se composent d'appareils ou séries de chambres en plomb, qui présentent habituellement une capacité de 750 à 1500, et quelquefois 6000 à 7500 mètres cubes, et il n'est aucune de ces fabriques dont la construction n'emploie plusieurs milliers de kilogrammes de soudure à l'étain. Le contact constant du plomb et de la soudure avec l'acide sulfurique, et surtout avec les vapeurs nitreuses, produit des réactions tellement énergiques, que peu de temps suffit pour déterminer de nombreuses fuites, qui finissent par mettre hors de service sinon l'intégralité des appareils, du moins une partie des chambres qui la composent. Aussi les fabricants étaient-ils obligés chaque année à des réparations ou à des reconstructions partielles, d'autant plus coûteuses qu'elles entraînent avec elles tous les frais de démolition, échange de plomb, chômage et remontage des appareils. Tout cela a disparu avec la soudure autogène, et la moindre fuite, s'il s'en déclarait une, pourrait être réparée à l'instant, fût-ce même pendant le travail des chambres.

SOUDURE DU PLATINE, DE L'OR, DE L'ARGENT, DU CUIVRE. Ce que nous venons d'indiquer pour les réparations instantanées des chambres de plomb dans les fabriques d'acide sulfurique, s'applique également au cas où une perte se déclare dans la chaudière de platine à concentrer. Au lieu d'arrêter les travaux, de démonter la chaudière, de l'envoyer à l'atelier de réparation, et de perdre ainsi beaucoup de temps et d'argent, l'ouvrier peut à l'instant même où une fuite se déclare, la réparer sur-le-champ avec un fil d'or et la flamme aérhydrique. Les soudures des objets d'or et d'argent offrent en général la même facilité d'exécution. Mais il n'en est pas toujours ainsi pour ce qui regarde le cuivre, à cause des fortes épaisseurs des objets à souder. Le chauffage étant ralenti d'autant, la conductibilité du métal fait perdre une grande partie du calorique. Il faut donc, quand il s'agit de faire *sur place* une réparation à une forte pièce, à une locomotive par exemple, ou à des chaudières à sucre, appareils de chauffage à la vapeur, etc., prendre de très grandes précautions pour concentrer d'abord, par l'emploi de charbon allumé et de terres réfractaires, une certaine élévation de température sur un même point. Un dard de flamme puissant et bien alimenté peut alors déterminer d'une manière sûre la parfaite fusion de l'alliage qui, dans les cas semblables, sert de soudure. Des recherches utiles, en vue de faciliter les opérations de ce genre, opérations si coûteuses par suite du démontage, nous paraissent pouvoir être faites par les ingénieurs des chemins de fer. Cette dernière partie de la question vaut bien la peine qu'on y consacre quelque attention, et nous la croyons de nature à récompenser dignement un succès définitif.

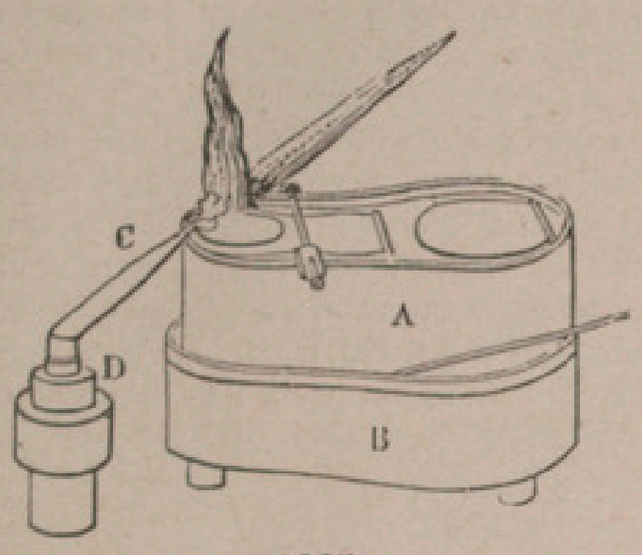
J. BELBRUCK.

SOUFFLET, SOUFFLERIE. Voy. MACHINE SOUFFLANTE.

SOUFFLER LE VERRE. On a déjà parlé de la lampe d'émailleur (Voy. ÉMAIL), mais sans entrer dans aucun détail sur la construction des instruments en verre, et le travail des petits objets d'ornement en verres colorés ou en émail. L'importance de ce sujet nous oblige à y revenir ici pour expliquer avec soin la marche à suivre dans quelques-unes de ces opérations. Les

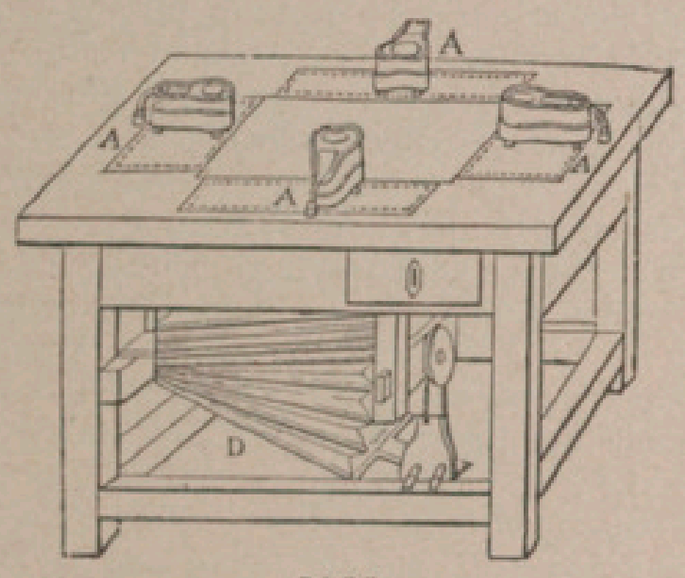
exemples que je choisirai suffiront pour mettre le lecteur attentif en état d'exécuter lui-même les appareils dont il pourrait avoir besoin.

La lampe A (fig. 2365) est en fer-blanc, elle repose



2365.

dans une cuvette B, destinée à recevoir l'huile qui pourrait s'écouler et à l'empêcher de se répandre. Cette lampe est placée sur une table en bois (fig. 2366), au-dessous de laquelle est solidement fixé sur deux traverses un soufflet à double courant d'air, mis en jeu par une pédale. Le chalumeau C (fig. 2365), formé d'un tube conique en fer-blanc, ou d'un simple tube de verre effilé et convenablement recourbé, est fixé, au moyen d'un bouchon de liège percé, dans le tube D qui apporte le vent du soufflet et qui débouche près du bord de la table comme on le voit fig. 2366. On dispose dans un



2366.

petit tiroir, placé sous la table, des ciseaux, quelques limes, de petites tiges de métal, des bruxelles, et quelques morceaux de pierre à fusil qui complètent l'outillage de la lampe du souffleur.

La mèche, formée d'un faisceau de fils de coton sans torsion, passe à travers une ouverture circulaire, pratiquée dans le couvercle de la lampe et destinée à la recevoir. Le diamètre de la mèche dépend de la grosseur du verre; il doit être à peu près égal à celui des plus gros tubes que l'on veut travailler, et varie, par conséquent, de 1 à 4 centimètres. L'ouverture du chalumeau doit être en rapport avec la mèche, il suffit de lui donner de $0^m,0005$ à $0^m,0018$ de diamètre pour les mèches comprises dans les limites que nous venons d'indiquer. On fait d'ailleurs varier, suivant le besoin, l'intensité du vent du soufflet en le chargeant d'un poids plus ou moins fort. La hauteur de la mèche, au-dessus de l'huile, ne doit pas dépasser 1 ou 2 centimètres. On doit donc toujours entretenir la lampe à peu près remplie d'huile.

Toutes les huiles peuvent être employées dans la lampe. L'huile de colza épurée est cependant la plus convenable. Quelques ouvriers trouvent avantageux de brûler un mélange d'huile et de graisse, qui paraît donner un feu plus chaud que celui fourni par l'huile seule.

Quand on veut se servir de la lampe, on allume la

mèche après l'avoir imprégnée, pour plus de facilité, d'un peu d'essence de térébenthine; on la mouche avec des ciseaux pour enlever les flammèches, on la partage en deux parties par une ligne située dans le prolongement du bec du chalumeau, et enfin on met le soufflet en mouvement. Si la mèche et le bec du chalumeau sont bien disposés, l'un par rapport à l'autre, ce que l'on obtient facilement après quelques tâtonnements, il se produit un jet de flamme, dirigé dans le prolongement du chalumeau et au milieu duquel on expose les tubes que l'on veut travailler. La flamme doit être vive, pas trop longue, et produit dans ce cas un bruit caractéristique que l'on reconnaît bientôt.

Avant de décrire la construction des instruments, nous devons indiquer quelques précautions que l'on doit toujours observer et parler des opérations les plus ordinaires du travail qui nous occupe.

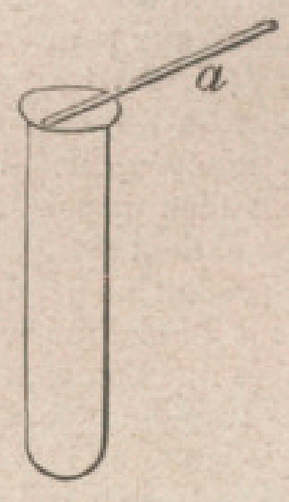
Les tubes que l'on emploie doivent être, autant que possible, bien réguliers, sans bulles ni nœuds. On les place par ordre de grosseur sur des tablettes horizontales, et non pas, comme on le fait quelquefois, debout ou supportés seulement par leurs extrémités sur des chevilles en bois; car, dans ces deux dernières positions ils prennent à la longue, par l'action de la pesanteur, une courbure sensible, qu'il est ensuite assez difficile de leur faire perdre. On doit toujours essuyer et sécher avec soin les tubes avant de les chauffer, et ne présenter que peu à peu ceux d'un gros diamètre à l'action de la flamme, qui les ferait briser sans ces précautions. Les tubes de cristal (verres plombeux), que l'on est quelquefois obligé d'employer, noircissent quand on les expose longtemps à l'action du feu. On rend cette altération moins rapide en mettant sur la mèche, avant de l'allumer, un peu d'eau de savon.

On peut employer, pour couper les tubes, un grand nombre de moyens. Nous en signalerons quelques-uns. On coupe les tubes d'un petit diamètre en y faisant un trait avec une lime tiers-point, ou un morceau de pierre à fusil; en appuyant à faux dans l'endroit où on a fait le trait, on détermine facilement la rupture. Les tubes plus forts présentent un peu plus de difficulté : on est obligé de prolonger le trait de lime sur une partie de la circonférence et de déterminer la rupture en approchant un charbon incandescent, ou bien un anneau de fer rouge, avec lequel on touche le tube, légèrement mouillé d'avance, au point où l'on veut produire la cassure. Quelquefois on se borne à entourer le tube avec un fil imprégné d'essence de térébenthine que l'on allume, et on le touche avec le doigt mouillé au moment où la flamme s'éteint. Les moyens que nous venons d'indiquer sont les plus simples et nous n'en indiquerons pas plusieurs autres de même espèce, qui peuvent être également suivis. Nous dirons seulement que pour les tubes gros et épais, les cols de matras, etc., la méthode la plus sûre consiste dans l'emploi d'une roue de graveur sur verre, ou, à son défaut, dans celui d'un fil mince de cuivre ou d'acier, monté sur un archet, et auquel on imprime un mouvement de va-et-vient, après lui avoir fait faire un tour sur le tube, et avoir déposé sur ce dernier un peu d'émeri, mouillé avec de l'huile ou de l'essence de térébenthine.

Quelle que soit la méthode employée pour couper les tubes, leurs extrémités ouvertes doivent presque toujours être *bordées*, c'est-à-dire adoucies et légèrement fondues par l'action de la chaleur; on y parvient facilement en présentant à la flamme de la lampe le bord du tube. Quelquefois on évase légèrement l'ouverture d'un tube, en appuyant et en tournant dessus une petite tige métallique *a* (fig. 2367).

Pour *courber* les tubes d'un petit diamètre, on les chauffe à la lampe, au rouge sombre, sur une certaine partie de leur largeur et on les plie alors avec la plus grande facilité suivant la direction voulue. Cette opé-

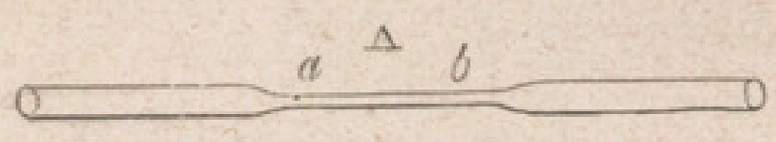
ration peut même s'exécuter sans peine à la flamme d'une lampe à esprit-de-vin. Les tubes un peu plus forts, de 6 à 10 millimètres d'épaisseur, s'aplatiraient un peu dans les coudes au moment de leur flexion, si on ne prenait pas le soin de les fermer par une extrémité et de souffler avec précaution par l'autre bout pendant qu'on les courbe. La pression de l'air intérieur s'oppose à la déformation du tube, auquel on peut ainsi conserver une section constante dans toutes ses parties



2367.

Enfin on courbe les tubes très gros, en les chauffant sur un fourneau rempli de charbons ardents et en soufflant dedans, comme nous venons de le dire, ou bien en les remplissant, avant de les chauffer, de sable très sec qui s'oppose à leur déformation; mais ce second moyen est moins simple que le précédent, et il vaut mieux avoir recours au soufflage dans les circonstances ordinaires.

On *ferme* les tubes de différentes manières : quand ils sont très petits, il suffit de présenter leur extrémité à la lampe pour que les bords ramollis se rapprochent et se soudent. Quand on opère sur un tube plus gros et d'une longueur suffisante, on le saisit par ses extrémités avec le pouce et l'index de chaque main, en le supportant en même temps sur les doigts du milieu, et on présente sa partie moyenne à la flamme, en lui imprimant un mouvement régulier de rotation avec les doigts. Quand le verre est convenablement échauffé, on écarte les deux mains et le tube s'étrangle comme on le voit en A (fig. 2368). On le coupe alors en *a* et *b* pour laisser peu de longueur à la partie effilée, et on chauffe à la flamme l'extrémité *a*, qui se soude rapidement. Le tube est alors fermé, mais on doit encore chauffer toute l'extrémité, et quand elle est bien rouge, on la retire du feu, on souffle avec précaution par l'extrémité ouverte et on obtient enfin le tube régulièrement bouché B. On opère de même pour l'extrémité *b*.





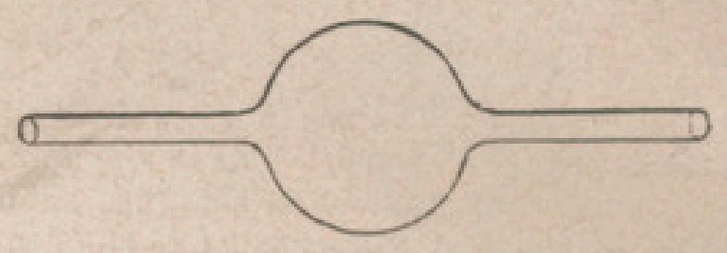
2368

Il arrive souvent que l'extrémité bouchée du tube présente une grande épaisseur, ce qui le rend facile à briser par l'action des changements brusques de température. On évite ce défaut en chauffant fortement cette extrémité, dont on approche un autre petit tube de verre, un peu moins chaud, qui se soude avec elle et enlève, quand on le retire, une partie de la masse du gros tube. Quand l'épaisseur se trouve ainsi convenablement réduite, on chauffe de nouveau l'extrémité, et on lui donne la forme régulière qu'elle doit avoir, en soufflant, comme nous l'avons dit, par l'autre bout du tube.

Quand on veut, enfin, fermer un tube un peu fort et d'une longueur déterminée, on chauffe à la lampe son extrémité et on rapproche ses bords jusqu'à ce qu'ils se touchent et se soudent, en appuyant dessus une petite tige métallique. On enlève, s'il y a lieu, l'excédant de matière et on termine le tube comme nous l'avons indiqué pour le cas précédent.

Le *soufflage des boules* présente différents cas : 1° Pour former une boule à l'extrémité d'un tube d'un diamètre peu considérable, il suffit de le fermer, de le chauffer fortement pour que le verre s'accumule un peu à l'extrémité, et enfin de souffler, par le bout ouvert, avec précaution et en imprimant au tube un léger mouvement de rotation. Si la boule obtenue d'abord n'était pas assez grosse, on la chaufferait de nouveau et on répéterait la même opération.

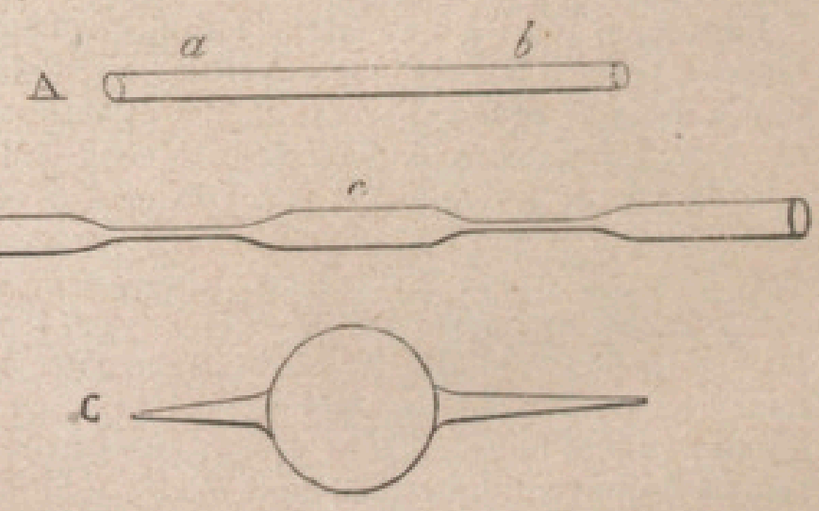
2° On a souvent besoin de souffler une boule au milieu d'un tube : on y parvient en chauffant le tube au point où l'on veut placer la boule, refoulant un peu le verre pour l'accumuler en ce point, et en soufflant par une des extrémités du tube en fermant avec le doigt, ou autrement, l'autre extrémité. La pression de l'air suffit pour étendre le verre mou et lui donner la forme sphérique (fig. 2369). L'opération que nous venons de



2369.

décrire est assez délicate; cependant, avec un peu d'habitude, en chauffant uniformément le tube et lui imprimant un léger mouvement de rotation pendant l'insufflation, on arrive promptement à faire ainsi des boules parfaitement régulières, dont le centre coïncide avec l'axe du tube et qui peuvent avoir jusqu'à 0m,035 ou 0m,040 de diamètre.

3° Un grand nombre d'appareils s'exécutent au moyen de boules, soufflées séparément, comme nous allons l'indiquer, et soudées ensuite aux tubes adjacents. On est toujours obligé d'avoir recours à ce dernier moyen, quand on a besoin de boules d'un fort diamètre réunies à des tubes minces. Voici comment on exécute ces boules. On prend un tube A (fig. 2370) d'un diamètre plus ou moins fort, suivant la grosseur de la boule que l'on veut obtenir, on le chauffe aux points *a* et *b*, et on l'effile de manière à produire le tube B, puis on casse les parties effilées et il reste alors l'olive *c* entre deux pointes. On présente l'une des pointes à la flamme pour la fermer, on chauffe fortement l'olive et enfin on souffle par la pointe ouverte, ce qui produit la boule C.



2370.

Pour *souder* les tubes, on commence par les évaser légèrement, comme nous l'avons indiqué en *a* (fig 2367), puis on chauffe à la fois les deux extrémités ainsi préparées, et on les approche l'une de l'autre pour les faire adhérer. On refoule un peu la matière, et, en fermant l'extrémité de l'un des tubes, on souffle par le bout de l'autre en exerçant en même temps une légère traction dans le sens de la largeur, pour éviter qu'il ne se forme

un renflement. Si on veut donner encore plus de force à la soudure, on la place de nouveau dans la flamme, on refoule de nouveau la matière, et on répète la première opération. Quand les tubes à souder n'ont pas le même diamètre, on commence par évaser le plus petit et on étire le plus gros, de manière à les amener à présenter l'un et l'autre la même ouverture, puis on opère comme nous l'avons indiqué d'abord.

Nous allons décrire maintenant la construction de quelques instruments, et montrer qu'elle ne consiste que dans l'exécution successive des opérations élémentaires dont nous avons parlé d'abord.

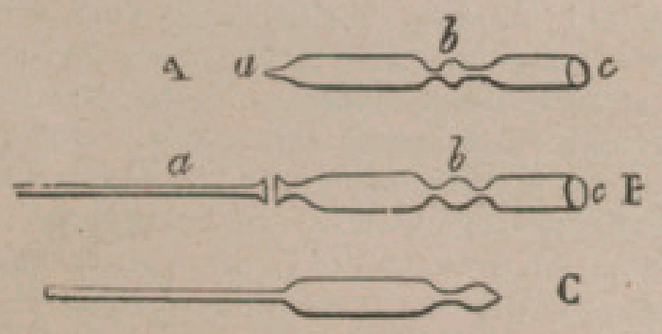
Les *thermomètres à boules* se construisent en soufflant une boule à l'extrémité d'un tube capillaire par la méthode que nous avons indiquée ci-dessus (1°). Cette opération peut se faire avec un chalumeau et la flamme d'une chandelle. Les thermomètres à cylindres sont formés d'un tube cylindrique *soudé* à l'extrémité d'un tube capillaire. Nous avons dit comment s'exécute une soudure de cette espèce. On trouvera d'ailleurs au mot *thermomètre* les détails relatifs au remplissage et à la graduation de ces instruments.

Les *aréomètres* à boules se soufflent, comme nous l'avons dit (2°). La construction des *aréomètres* à cylindre est un peu plus compliquée; voici comment elle s'exécute : on prend un tube cylindrique de deux centimètres de diamètre environ et de 1/2 millimètre d'épaisseur; on le chauffe en deux points éloignés de cinq à six centimètres, et on l'étire de manière à lui donner la forme A (fig. 2371); on ferme la partie rétrécie *a*, puis on chauffe en *b*, et, en soufflant par l'extrémité ouverte *c*, on produit un petit renflement destiné à recevoir le reste; on chauffe alors le point *a*, et soufflant de nouveau, on forme une petite boule dont on crève la partie supérieure. On a alors la pièce B, qu'il ne s'agit plus que de souder à la tige *a*. A cet effet, on ferme le tube en *c*, et on exécute la soudure comme nous l'avons dit. Il ne reste plus, pour terminer l'instrument, qu'à chauffer le renflement *b*, pour l'étirer et lui donner la forme d'une petite poire, et à fermer la pointe qui le termine. On obtient ainsi l'instrument C, dont la graduation s'effectue comme il est indiqué au mot ARÉOMÈTRE, page 189.

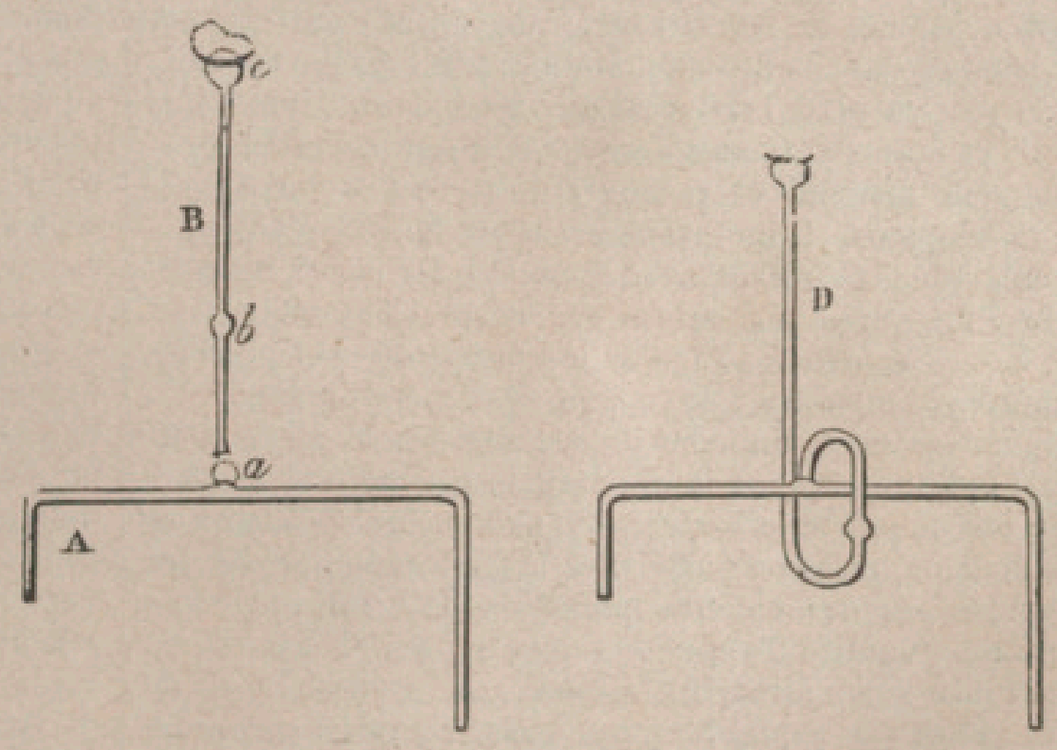
de cette ampoule, et, en soufflant comme la première fois, on lui fait prendre un grand développement, indiqué par les points, et on casse le verre très mince qui forme cette espèce de cloche. Le tube courbé se trouve ainsi préparé. D'un autre côté, on souffle une boule *b*, sur la longueur du tube B, comme nous l'avons dit (2°), puis à l'extrémité de ce tube on souffle ou on soude une seconde boule *c*; on soude alors le tube B sur l'ouverture pratiquée au tube A; on chauffe la partie supérieure de la boule *c*, et en soufflant fortement par une extrémité du tube courbé, pendant que l'autre est fermée, on produit une cloche très mince indiquée par des points sur la figure; on la brise et on borde l'ouverture de l'entonnoir ainsi produit en le présentant à la flamme. Il ne reste plus qu'à donner au tube B la courbure convenable pour obtenir enfin le tube de Welter terminé D.

Les pipettes, les syphons à deux branches, les tubes en S, les tubes en entonnoir, les burettes, les tubes de Liebig, etc., s'exécutent comme les instruments dont nous avons parlé jusqu'à présent; nous ne nous arrêterons pas davantage à décrire ces différents objets. Leur inspection seule suffit pour faire comprendre, d'après ce que nous avons dit, le moyen de les exécuter.

Nous ne pouvons pas décrire ici l'art complet de la fabrication de ces mille petits ornements que l'on fait en émail ou en verre coloré. Le goût de l'ouvrier son talent comme modeleur, l'adresse avec laquelle il manie les émaux, ramollis par la chaleur, sont autant de qualités qu'une longue habitude et une disposition spéciale peuvent seules procurer. Nous dirons seulement que les opérations fondamentales, le métier, pour ainsi dire, de cette industrie, sont les mêmes que pour le soufflage du verre blanc. On soude les tubes d'émail, on les courbe, on les souffle comme les tubes ordinaires, mais, nous le répétons, ce n'est qu'à force d'adresse que l'on obtient les formes si gracieuses et si variées que présentent presque toujours ces petits ouvrages. Nous expliquerons, seulement comme exemple, la construction d'un de ces petits cygnes que l'on vend, comme jouet d'enfant, chez presque tous les marchands de cristaux. On prend un tube d'émail blanc, et on en forme d'abord, en l'effilant, une olive entre deux pointes



2371.



2372.

Décrivons enfin la construction d'un *tube de Welter*; elle offre à peu près toutes les difficultés qui peuvent se présenter dans le genre de travail qui nous occupe. On commence par courber un tube de manière à lui donner la forme A (fig. 2372); on dirige ensuite l'extrémité du dard de la flamme sur un point de la partie supérieure, et, en bouchant avec le doigt l'une des extrémités, on souffle par l'autre de manière à former l'ampoule *a*; on chauffe de nouveau la partie supérieure analogue à celle de la fig. 2370, B. On ferme une des pointes, et, après avoir chauffé l'olive, on souffle par la pointe ouverte, en tirant un peu en long, pour former le sphéroïde qui doit constituer le corps de l'oiseau; on lui donne, en le réchauffant, si cela est nécessaire, et le façonnant avec une petite tige de métal, instrument principal de l'émailleur, la forme légèrement aplatie qu'il doit avoir. On allonge ensuite en l'étirant la pointe fermée, on lui donne la courbure du col de l'ani-

mal, et on souffle à l'extrémité un petit renflement qui forme la tête, puis on soude un bout de tube jaune pour imiter le bec et un point d'émail noir de chaque côté de la tête pour simuler les yeux. Il reste enfin à fermer la pointe restée ouverte et à lui donner à peu près la forme de la partie postérieure du cygne. On construit d'une manière analogue tous les oiseaux, seulement on soude de petites pièces d'émail de différentes couleurs pour former successivement les ailes, les pattes, la queue, etc.

L'émail et les verres colorés se filent facilement à la lampe et produisent des fils d'une finesse, d'un éclat et d'une souplesse vraiment remarquables. Voici comment s'exécute cette opération : On chauffe une baguette d'émail près de son extrémité, et la tenant d'une main, on saisit avec l'autre main, armée d'une petite pince, l'extrémité chauffée, on écarte les deux bras, ce qui forme ainsi un fil d'un mètre environ de longueur, adhérant d'une part au tube principal, et de l'autre à la petite masse entraînée par les pinces. On fixe cette dernière extrémité sur un point de la circonférence d'une petite roue en tôle, de 0m,40 à 0m,50 de diamètre, montée sur un arbre horizontal, et disposée à une petite distance de la lampe. On chauffe alors de nouveau le tube principal, au point où il commence à s'effiler, en le tenant d'un main, tandis que de l'autre on met en mouvement la roue dont nous avons parlé. L'émail ramolli cède à la traction exercée sur lui et vient en fil fin s'enrouler sur la roue. On avance peu à peu le tube dans la flamme et il se trouve bientôt entièrement transformé en un fil d'une grande longueur. Ces fils d'émail ou de verre ont plusieurs applications curieuses : on en fait des perruques qui produisent une illusion complète, ils servent à la confection de ces jolies aigrettes si souples et d'un éclat si agréable, que tous les charlatans mettent sur leurs échoppes. Tout le monde connaît d'ailleurs les produits remarquables, vendus sous le nom d'étoffes de verre, qui ne sont autre chose que des tissus en fils d'émail et de soie. Un très habile émailleur de Saumur a fait une application excessivement intéressante des fils dont nous parlons : il s'en sert pour imiter le poil de la plupart des animaux. Il assortit leurs couleurs avec celles des peaux naturelles, et après avoir coupé les fils d'une longueur convenable, il les colle, par une de leurs extrémités, sur une surface solide en copiant la disposition de la peau qu'il veut imiter. J'ai vu chez lui des tigres, des hyènes rayées, des axis et autres animaux de grandeur naturelle, admirablement modelés et recouverts du *poil de verre* dont nous parlons. L'imitation est si parfaite que ces animaux remplaceraient avec avantage les peaux empaillées, toujours altérées, qui encombrent nos cabinets.

Les *yeux artificiels*, pour les poupées (1) et pour les animaux empaillés s'exécutent également en émail. Ce travail exige, comme les précédents, beaucoup de goût et d'habitude, quand il faut pour la première fois imiter un œil donné, et choisir convenablement les émaux et la couleur, mais on parvient à le faire exécuter par des femmes ou des enfants quand on doit fabriquer une grande quantité d'yeux de même espèce. Nous allons indiquer sommairement la manière d'opérer. Le fil de fer recuit sur lequel les yeux sont ordinairement montés est engagé, en partie, dans la moelle d'un petit morceau de bois, afin de pouvoir, sans se brûler, le tenir à la main. L'ouvrier tient ce fil, ainsi disposé de la main gauche, et saisit de la main droite une baguette d'émail ordinairement blanc qu'il soude à la lampe en l'enroulant sur le bout de fil de fer, de manière à former une petite masse de matière sur laquelle il soude ensuite l'émail coloré qui forme la rétine, ou le fond de l'œil. On soude ensuite l'émail qui forme la pupille, et par dessus on applique la masse de verre *transparent*, blanc, ou coloré, qui produit l'effet de l'humeur aqueuse, et à travers laquelle on aperçoit le fond de l'œil et la pupille. Après avoir appliqué chaque nouvelle teinte d'émail, on fond la masse entière, puis on l'aplatit perpendiculairement au fil de fer en appuyant dessus une petite lame de métal. Quand tous les émaux sont appliqués on répète deux ou trois fois cette opération, et on termine en chauffant assez l'œil pour lui donner la forme arrondie qu'il doit avoir. Ces opérations ont pour but de fondre et d'adoucir les nuances des différents émaux, et de donner au produit l'éclat particulier qu'il doit présenter.

Les grains de chapelet se font quelquefois à la lampe, mais le plus souvent par des procédés analogues à ceux employés pour la fabrication des PERLES (voyez ce mot).

Les boules *argentées* que l'on met en si grande quantité dans les bouquets de fausses fleurs communes, vendues dans les campagnes, ne sont autre chose que des boules de verre blanc, dans lesquelles on a versé un alliage de bismuth et de mercure qui jouit de la propriété d'adhérer fortement au verre. H. MANGON.

SOUFRE (*angl.* sulphur, *all.* schwefel). Le soufre est un corps simple, solide à la température ordinaire, d'une couleur jaune particulière ; la chaleur seule de la main suffit pour faire casser le soufre en bâton ; il se fond à 108° et reste d'abord très liquide jusqu'à 160° environ, puis devient visqueux et se fonce en couleur en devenant brun ; entre 200° et 250° il atteint son maximum de viscosité, et si on le plonge alors subitement dans l'eau, il conserve encore quelque temps son état de mollesse, ce qui permet de s'en servir pour prendre des empreintes ; il finit peu à peu cependant par reprendre sa dureté et sa couleur ordinaires. En vases clos, le soufre donne déjà quelques vapeurs vers 150° ; il bout à 316° environ et distille alors en donnant une vapeur jaune-orangé, dans laquelle plusieurs métaux, tels que le cuivre et l'argent, brûlent avec beaucoup de vivacité. Sa densité est de 1,98 ; il n'a pas de saveur ; quand on le frotte, il dégage une légère odeur. Il est généralement opaque, et demi-transparent seulement quand il est cristallisé. Par le frottement il développe de l'électricité négative et résineuse.

Quand on chauffe le soufre au contact de l'air, il s'enflamme et brûle avec une flamme bleue en produisant de l'acide sulfureux dont l'odeur piquante est caractéristique et prend de suite à la gorge. Il se combine directement avec l'hydrogène, le chlore, le brôme, l'iode et presque tous les métaux, en formant avec ces derniers une série de combinaisons binaires, les sulfures, que l'on regarde généralement comme des sels, mais que nous croyons devoir plutôt considérer comme n'en étant nullement et comme formant une série parallèle à celle des combinaisons binaires de l'oxygène, comprenant, par conséquent, des *sulfacides* et des *sulfides*, selon qu'ils jouent le rôle d'acides ou de bases. Les sels connus sous les noms d'hydrosulfates seraient d'après cette manière de voir de véritables hydrates.

Le soufre est complétement insoluble dans l'eau ; il est très peu soluble dans l'alcool absolu et dans l'éther, beaucoup plus à chaud dans les huiles grasses et les huiles volatiles et surtout dans le sulfure de carbone et le chlorure de soufre : par le refroidissement de ces dissolutions saturées à chaud, le soufre se sépare sous la forme de cristaux semblables à ceux que présente le soufre natif ; le soufre se dissout également dans une dissolution bouillante d'alcali ou de sulfite alcalin, en donnant naissance à un hyposulfite alcalin.

Le soufre est un corps dimorphe c'est-à-dire qu'il

(1) La fabrication des yeux de poupées, qui parait au premier abord si peu importante, a été longtemps la spécialité et le monopole de deux marchands de Liverpool dont elle a fait la fortune.

est susceptible de cristalliser sous deux formes appartenant à des systèmes cristallins différents. Les cristaux de soufre natif dérivent d'un prisme rhomboïdal droit sous l'angle de 102° et sont généralement des octaèdres à base rectangulaire simples ou cunéiformes; les cristaux artificiels, que l'on obtient en fondant du soufre et en le faisant cristalliser par simple refroidissement, dérivent au contraire d'un prisme rhomboïdal oblique.

Le soufre natif est assez répandu dans la nature; il est ordinairement jaune, cependant on en trouve de blanc et même de gris cendré et de brun marron; dans tous les cas la flamme qu'il donne en brûlant et l'odeur qu'il répand le font immédiatement reconnaître. Il y affecte trois sortes de gisements : 1° en rognons disséminés dans des couches de terrain tertiaire, et de formation contemporaine : ce gisement est assez fréquent, mais ne produit que peu de soufre; 2° en amas irréguliers, dans le terrain de craie, associés à du gypse et à du sel gemme, et probablement de formation plus récente ainsi que ces derniers : c'est dans ces circonstances que se trouvent les mines de Sicile, qui fournissent actuellement la presque totalité du soufre que consomme l'Europe; 3° produit par sublimation dans les terrains volcaniques ou par la décomposition des eaux thermales qui contiennent de l'hydrogène sulfuré en dissolution : presque tous les volcans donnent du soufre, qui se sublime constamment à travers certaines fissures et vient se condenser en partie dans les cendres ou sables qui forment la surface du sol; telles sont les solfatares de l'île Bourbon, de la Guadeloupe et de Pouzzoles. Les eaux thermales sulfureuses ne produisent qu'une quantité insignifiante de soufre.

Les mines de soufre de la Sicile produisent annuellement environ 50 millions de kilogrammes de soufre, et pourraient au besoin en fournir une quantité bien plus considérable; les mines les plus importantes sont situées près de Cattolica, Girgenti, Licata, Caltanisetta, Caltascibetta, Centorbi et Sommatino. En 1787, il se déclara un incendie si violent dans la mine de Solfara-Grande, près de Sommatino, qu'on fut obligé d'abandonner la mine; cet incendie dura deux ans, au bout desquels un mineur ayant mis la région incendiée en communication avec une partie inférieure de la mine, on put recueillir plus de 65 millions de kilogrammes de soufre fondu parfaitement pur, sans compter celui qui s'écoula dans une petite rivière qui passe près de cette mine.

Les minerais de Sicile sont généralement fort riches et renferment de 30 à 50 p. 100 de soufre que l'on en sépare par une liquation; la chaleur nécessaire à cette opération est produite par la combustion d'une partie du soufre que renferme le minerai : nous allons donner une idée des méthodes de traitement que l'on suit en Sicile, en nous servant d'un mémoire encore inédit de M. Adrien Paillette, mémoire qui sera bientôt publié dans son entier.

La liquation s'opère dans de petits trous cylindriques à fond concave et légèrement incliné vers l'orifice de coulée. Ces fours, dont les parois sont construites en calcaire compacte, sont le plus souvent alignés par groupes de 10 à 20 et même plus, dans un lieu autant que possible abrité contre les vents. Un seul ouvrier peut en desservir 5 à 6. On emploie les plus gros morceaux de minerai pour former sur la sole du fourneau une voûte ou canal qui aboutit au trou de coulée; on les cale avec des morceaux presque aussi gros, on les recouvre ensuite de minerai de plus en plus fin, et on termine le tas en lui donnant la forme d'un dôme recouvert d'une couche de menu légèrement damée.

Le chargement terminé on allume le tas par la partie supérieure au moyen d'une fascine préalablement trempée dans du soufre fondu et qu'on secoue à la surface du tas après l'avoir enflammée. Après 4 ou 8 heures de feu, il s'est rassemblé au fond du fourneau une masse de soufre en fusion qui y occupe une hauteur de 0m,20 à 0m,25; on débouche alors le trou de coulée et on reçoit le soufre fondu dans des moules en bois préalablement mouillés. Une fois la fonte commencée, on ne rebouche plus le trou de coulée, de sorte que le soufre coule d'une manière continue; quand il ne vient plus de soufre, on laisse refroidir le fourneau pour le décharger et enlever les crasses produites par les gangues du minerai.

Près de Girgenti et pour traiter également des minerais riches, on emploie des fourneaux rectangulaires voûtés que l'on remplit du reste comme les précédents; ces fours, dont les parois sont en briques et de peu d'épaisseur, sont placés dans des chambres en maçonnerie ayant une chauffe à une de leurs extrémités; avec du bois que l'on y jette, on échauffe les parois du fourneau et de la chambre; puis on ferme toutes les issues, lorsque la chaleur accumulée dans ces parois et dans les gaz chauds qui remplissent la chambre, est suffisante pour produire la séparation par liquation du soufre chargé dans le fourneau. Ce procédé est, comme on le voit, intermédiaire entre celui précédemment décrit et celui de la distillation proprement dite, exclusivement employée pour les minerais qui contiennent au plus 15 à 20 p. 100 de soufre, et même dans tous les cas, lorsqu'on peut aisément se procurer du combustible végétal ou minéral.

C'est ce dernier procédé que l'on emploie à la célèbre solfatare de Pouzzoles, près de Naples. Dans cette ancienne bouche volcanique, le soufre se condense en quantité considérable dans le sable qui recouvre le cirque formant l'intérieur du cratère. On enlève ce sable jusqu'à la profondeur de 10m (plus bas, la température est trop élevée pour qu'on puisse y travailler), et on le soumet à la distillation pour en retirer le soufre qu'il contient. On exploite ainsi successivement le sable qui recouvre tout le cirque, et on rejette dans les tranchées celui qui a été soumis à la distillation. La sublimation naturelle du soufre par les fissures du terrain se faisant d'une manière continue, le sable se recharge de soufre, et, au bout de 25 à 30 ans, il est assez enrichi pour pouvoir être de nouveau soumis à la distillation. Cette dernière s'opère dans 12 pots cylindriques en terre cuite placés sur deux banquettes parallèles dans un four chauffé au bois. Les pots distillatoires communiquent trois par trois au moyen de conduits en terre cuite avec d'autres pots faisant fonction de récipient et placés à l'extérieur sur le sol de l'atelier. La charge de chaque pot est de 20 à 25 kil. de sable et on en retire moyennement 7 à 8 kil. de soufre, soit 90 kil. par fournée qui dure environ 7 heures, et on brûle pendant ce temps, dans le fourneau, de 70 à 80 kil. de menu bois.

Le soufre brut ainsi obtenu est plus ou moins impur; il peut bien être employé dans cet état pour la fabrication de l'acide sulfurique, mais il a besoin d'être purifié pour les autres besoins du commerce. Cette purification se fait très en grand aux environs de Marseille; à cet effet on charge le soufre dans des grandes cornues en fonte (fig. 2373) dont la panse *a* a environ 1m de diamètre, 0m,60 de profondeur, 3 centimètres d'épaisseur, et reçoit 400k de soufre brut; le chargement terminé, on lute sur la panse le chapiteau *b* et on remplit les vides autour avec du sable. Le col de la cornue vient déboucher dans une chambre de condensation *d*, de 7m de long, 3m,50 de large et 4m,20 de long, dont les murs ont 0m,80 d'épaisseur. Il y a ordinairement deux cornues pour une chambre des dimensions ci-dessus. A la partie supérieure de la chambre se trouve une cheminée, portant un clapet *e* destiné à donner issue à l'air et aux gaz renfermés dans la chambre, lorsqu'en s'échauffant ou par tout autre cause leur tension devient trop considérable. La grille est placée à 0m,20 environ en contrebas du fond des cornues. Le feu ayant été allumé le soufre

arrive bientôt près de son point d'ébullition; il s'enflamme alors et brûle à la surface, mais l'acide sulfureux

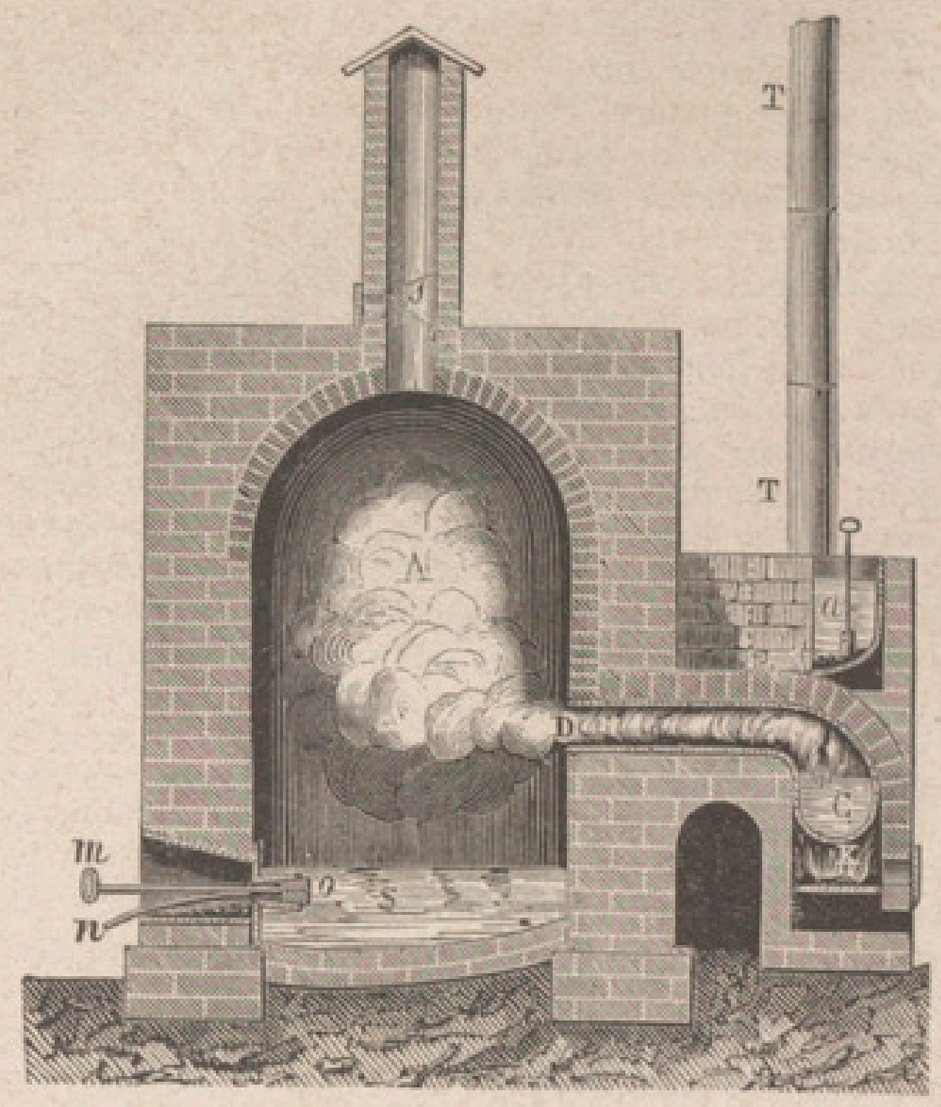


Fig. 2373.

qui se forme et remplit la chambre ne tarde pas à éteindre la flamme; les vapeurs de soufre qui se dégagent se déposent alors sur les parois de la chambre de condensation sous la forme d'une poudre fine très-ténue, connue sous le nom de fleur de soufre. On n'allume d'abord le feu que sous une seule cornue; la distillation commence au bout d'une heure; après trois heures on allume le feu sous la seconde cornue. Au bout de six heures la distillation est terminée dans la première cornue; on ôte alors le feu et on recharge de nouveau la cornue après l'avoir laissée un peu refroidir. On continue ainsi successivement la distillation en rechargeant alternativement une des cornues toutes les trois heures, pendant six jours et cinq nuits; dès le troisième jour, les parois de la chambre de condensation s'étant suffisamment chauffées, le soufre en fleur commence à fondre et couler sur le sol; à la fin du sixième jour la température de la chambre est de 140° à 150°; on cesse alors le travail, et le lendemain matin, dès que la température s'est abaissée à 125° environ, on coule le soufre dans des moules en bois que l'on plonge dans l'eau froide pour hâter la solidification. C'est ainsi qu'on obtient le *soufre en canon* du commerce.

Lorsqu'on veut obtenir du *soufre en fleur*, l'opération doit être conduite assez lentement pour que la température des parois se maintienne au-dessous de 105° à 108°. Le soufre en fleur ainsi obtenu renferme constamment un peu d'acide sulfureux et souvent d'acide sulfurique; pour l'en dépouiller, il faut le laver avec soin à l'eau chaude, puis le faire sécher.

En Allemagne on fabrique une certaine quantité de soufre au moyen des pyrites de fer jaunes et blanches; celles-ci, à l'état de pureté, renferment 54,26 p. 100 de soufre, et en abandonnent par la distillation en vase clos les 3/7 ou 23,26 p. 100, en se transformant en pyrite magnétique; cette dernière, exposée en tas à l'air et suffisamment arrosée, se convertit en sulfate de fer ou vitriol vert, qu'on lessive et qu'on fait cristalliser ensuite par évaporation pour le verser dans le commerce. On introduit la pyrite dans de grands vaisseaux cylindriques ou rectangulaires, en fonte ou en terre cuite, maçonnés horizontalement dans des fours à réverbère de forme appropriée et connus sous le nom de fourneaux à galère; ces vaisseaux communiquent avec des récipients que l'on a soin de rafraîchir convenablement. Le soufre ainsi obtenu a une couleur verte due à ce qu'il renferme une certaine quantité de sulfure de fer. On lui fait subir une première purification en le fondant à une très-basse température dans une chaudière en fonte de grandes dimensions, et le coulant dans un tonneau en bois d'un faible diamètre et d'une hauteur au moins triple, dans lequel on le laisse refroidir spontanément; quelques jours après on enlève les cercles du tonneau; le sulfure de fer, ayant une densité plus considérable, a gagné le fond du tonneau avec la plus grande partie des matières étrangères et forme à la partie inférieure du pain une couche qui s'en sépare nettement et qui est souvent employée en place de soufre pour la fabrication de l'acide sulfurique. Le soufre purifié qui est au-dessus est encore soumis à une nouvelle distillation avant d'être livré au commerce. Comme les pyrites de fer renferment presque toujours une proportion plus ou moins forte de pyrites arsenicales, le soufre que l'on en retire est presque toujours souillé par une faible quantité de sulfure d'arsenic qui doit, dans certains cas, en interdire l'emploi.

Les principaux usages du soufre sont la fabrication de l'acide sulfurique, de la poudre, des allumettes, d'un grand nombre de produits chimiques et pharmaceutiques, le blanchiment des tissus de laine, de soie, des chapeaux de paille, etc. P. DEBETTE.

SOUFROIR. Voyez BLANCHIMENT, etc.

SOUPAPE. Voyez MACHINE A VAPEUR et POMPE.

SOUPAPE DE SURETÉ. Voyez CHAUDIÈRE.

SOURCES ARTIFICIELLES. Bernard de Palissy, dans son livre *Des Eaux et Fontaines* (1686), alors que la plupart des savants, Descartes par exemple, croyaient que les eaux des sources provenaient de la mer, et que l'action de feu central de la terre expliquait leur apparition à de grandes hauteurs, comprit parfaitement que la pluie, la condensation de la vapeur d'eau de l'atmosphère alimentait seule tous les cours d'eau (V. article AGRICULTURE, Météorologie), et combinant ce principe avec ses nombreuses observations, il écrivit son traité pour montrer le moyen de faire partout des fontaines artificielles, et établit les principes de tout ce qui a été fait depuis lui dans cette voie pour l'utilisation des eaux de surface. Nous croyons par suite devoir rapporter ici presque tout ce travail, n'en excluant que quelques passages sur les sels que les progrès de la chimie ont démontré être mal fondés.

DES EAUX ET FONTAINES. *Pourquoi il y a des sources en pays plats comme ès montagnes.* Venons à présent à la cause pourquoi il y a aussi bien des sources ès plats pays et campagnes comme ès montagnes. Tu dois entendre que si toute la terre était sableuse, déliée ou spongieuse, comme les terres labourables, l'on ne trouverait jamais source de fontaines en quelque lieu que ce fût. Car les eaux des pluies qui tomberaient sur les dites terres, s'en iraient toujours en bas jusques au centre et ne se pourraient jamais arrêter pour faire puits ni fontaines. La cause donc pourquoi les eaux se trouvent tant ès sources qu'ès puits, n'est autre qu'elles ont trouvé un fond de pierre ou terre argileuse, laquelle peut tenir l'eau autant bien que la pierre; et si quelqu'un cherche de l'eau dans des terres sableuses, il n'en trouvera jamais si ce n'est qu'il y ait au-dessous de l'eau, quelque terre argileuse, pierre, ou ardoise, ou minéral, qui retiennent les eaux des pluies quand elles auront passé au travers des terres. Tu pourras me mettre en avant que tu as vu plusieurs sources sortant des terres sableuses, voire dans les sables même: à quoi je réponds comme dessus, qu'il y a dessous quelque fond de pierre, et que si la source monte plus haut que les sables, elle vient aussi de plus haut...

SOURCES ARTIFICIELLES.

THÉORIQUE. Dès le commencement tu m'as promis de me montrer à faire des fontaines ès lieux stériles d'eau, et quelque part que je voudrais ; mais jusqu'ici tu ne m'en as pas dit encore un seul mot.

PRATIQUE. Tu n'es guères sage ; ne crois-tu pas que le médecin prudent n'ordonnera jamais une médecine à un malade, si premièrement il ne connaît la cause de la maladie ? En cas pareil, ne fallait-il point que, auparavant que t'apprendre à faire des fontaines, je te monstrasse la cause de celles qui se font naturellement? Ne sais-tu pas que je t'ai promis dès le commencement de t'apprendre à faire des fontaines à l'imitation de celles du souverain fontainier?... Je ne te puis sagement instruire, que je n'aie entendu de toi si le lieu où tu veux faire ta fontaine est montueux ou plat : parce que selon la commodité du lieu il faut que la chose soit désignée, ou autrement l'on travaillerait en vain.

THÉORIQUE. J'ai une maison champêtre auprès de laquelle il y a une montagne assez roide et ma maison est près du pied de la dite montagne.

PRATIQUE. Si ainsi est, tu as une grande commodité pour construire ta fontaine à peu de frais et te dirai comment. Il n'est point de montagne qui ne soit foncée de rochers, comme je t'ai dit plusieurs fois; tu te peux donc assurer que si tu prends garde qu'il n'y ait quelque trou ou fente le long de la montagne, tu pourras recueillir une grande quantité d'eau, et la faire descendre jusqu'auprès de ta maison. Prends donc garde qu'il n'y ait quelqu'ouverture par laquelle ton eau se puisse perdre; et, s'il y en a, ferme-la de pierres et de terre, et puis rempare la circonférence à dextre et à senestre du lieu que tu auras destiné pour recevoir les eaux des pluies. Et ayant ainsi fait un rempart en manière de chaussée, toute l'eau qui tombera dedans ton enclos se viendra rendre au lieu que tu lui auras préparé. Et ce fait, tu feras deux réceptacles, l'un après l'autre : le second plus bas que le premier : afin que l'eau du premier, étant déjà purifiée, se vienne rendre au second. Et pour purifier les eaux, faut qu'elles passent au travers d'une grande quantité de sable que tu auras mis au-devant du premier réceptacle et faut maçonner les pierres du premier réceptacle sans mortier, afin que les eaux puissent passer jusques au second, ou bien faire quelque grille d'airain, ou une platine percée de petits trous, afin qu'il ne passe rien que l'eau; et ainsi quand elle aura passé à travers le sable et le premier réceptacle, elle sera bien affinée quand elle se rendra au second, et au bas d'icelui, pour ce que le premier réceptacle sera grand et découvert en l'air comme un étang, il faudra faire un troisième degré plus bas que les deux autres, duquel sortiront les eaux pour les usages de la maison. Si tu veux enrichir la face du réceptacle du côté que tu tires de l'eau, tu la pourras enrichir de telle beauté que bon te semblera, soit en façon de roc ou autrement et aussi tu pourras planter des arbres à dextre et à senestre, que tu feras courber en forme de tonnelle ou de cabinet, pour donner beauté à ta fontaine.

THÉORIQUE. Je crains une difficulté, qui est que quand il pleut asprement de pluie d'orage, les eaux qui descendent violemment du haut de la montagne ne viennent à amener une quantité de terre, sables et autres choses, qui empêchent le cours de la fontaine ou bien des eaux qui se pourraient rendre en icelle.

PRATIQUE. Pour vrai je connais à ce coup que tu n'es pas aliéné de jugement, et parce que je vois que tu es attentif à mes paroles, je te ferai ci-après un portrait ou dessin convenable pour la place ou lieu que tu m'as fait entendre, pour faire ta fontaine. Et pour obvier à la malice des grandes eaux qui se pourraient assembler en peu d'heures par quelque tempête, il faut qu'après que tu auras désigné ton parterre pour recevoir les eaux, tu mettes de grosses pierres au travers des plus profonds canaux qui viennent en ton parterre. Et par tel moyen la violence des eaux et ravines sera amortie, et ton eau se rendra paisiblement dans tes réceptacles.

THÉORIQUE. Et si je voulais faire une fontaine en un lieu champêtre, que la terre fût de niveau comme l'on voit communément aux campagnes, y aurait-il quelque moyen d'en faire?

PRATIQUE. Oui bien ; mais c'est à plus grands frais que non pas ès montagnes : d'autant plus que là où la place est droite, il faut lui donner pente à force d'hommes.

THÉORIQUE. Comment est-il possible de lui donner pente si elle n'y est pas de nature?

PRATIQUE. Encore n'est-ce pas le pis : car il est bien aisé de donner pente à force d'hommes; mais le pis est qu'étant haussée d'un côté et abaissée de l'autre, il la faut nécessairement paver : car autrement tout ne vaudrait rien.

THÉORIQUE. Il faut donc conclure tout en un coup que cela ne peut se faire : pourquoi il n'en faut plus parler.

PRATIQUE. Si fait, si fait : et la chose est bien aisée, moyennant que l'on veuille employer du temps et de l'argent.

THÉORIQUE. Je te prie de me dire comment tu y voudrais procéder.

PRATIQUE. Je voudrais en premier lieu choisir un champ bien près de la maison, et selon la grandeur de la famille je voudrais faire mon parterre. Ayant tendu mes cordeaux j'aurais un nombre de mercenaires auxquels je ferais ôter la terre du bout prochain à la maison, où je vaudrais faire les réceptacles, et je la ferais porter à l'autre bout de mon parterre. Par ce moyen, je n'aurais pas sitôt baissé la partie prochaine de la maison de deux pieds, que l'autre partie ne se trouvât plus haute de quatre pieds, qui serait une hauteur assez capable pour amener toutes les eaux des pluies qui tomberaient dedans ton parterre. Les frais de cela ne sont pas si grands qu'ils vaillent le disputer. Mais quant aux frais du pavé, il pourrait coûter plus ou moins, selon la commodité des étoffes qui se trouveront près du lieu.

THÉORIQUE. Et quel besoin est-il de paver ce parterre?

PRATIQUE. Parce que tu m'as dit que c'est un pays plat, et que tu as tâché à y faire des puits, où tes prédécesseurs et toi avez beaucoup dépensé, et n'avez su trouver de l'eau. Je t'ai dit ci-devant que si toutes les terres étaient sableuses et spongieuses, que les eaux des pluies passeraient soudain aussitôt qu'elles seraient chûtes ; et que si toutes terres étaient ainsi que jamais ne pourrait avoir de source de fontaine, et que les fontaines ne sont causées que de ce que les terres sont foncées de pierre ou de quelque minéral. Pour ces causes quand tu aurais fait apporter les terres du bout de ton parterre à l'autre, et qu'il serait tout préparé à recevoir les pluies, cela ne servirait de rien; parce qu'elles ne trouveraient rien qui les peut arrêter; voilà pourquoi je t'ai dit qu'il faut nécessairement que ton parterre soit pavé, afin qu'il puisse contenir l'eau. Je n'entends pas qu'il faille que ce soit un pavé taillé ni choisi de pierres dures, comme celui des villes, ni assis avec du sable, s'il ne se trouve sur le lieu ; mais les poser toutes cornues avec de la terre simplement. Voilà comment je l'entends, afin que tu ne penses que la dépense soit si grande; et s'il se trouve de la pierre plate, comme l'on voit en plusieurs contrées, il les faut mettre de plat, afin qu'elles tiennent plus de place; pourvu qu'elles puissent empêcher que les terres ne boivent l'eau, c'est tout un, comment elles seront mises.

THÉORIQUE. Et si je veux ériger ma fontaine en quelque lieu où il n'y ait point de pierre?

PRATIQUE. S'il n'y a point de pierre, fonce de la brique. S'il n'y a ni pierre, ni brique, fonce de la terre argileuse.....

THÉORIQUE. Et si mon parterre était pavé de pierre, de brique ou de terre d'argile, mon champ ne me pourrait servir sinon pour recevoir les eaux, et ce serait grand dommage à un pauvre homme, qui n'aurait qu'un peu de terre, de l'employer en une fontaine seulement.

PRATIQUE. Si tu veux me croire, ledit parterre te portera grand profit et utilité, à savoir, en y plantant un grand nombre d'arbres fruitiers de toutes espèces et les planter par lignes directes; et puis paveras ton parterre, et à l'endroit d'un chacun arbre, tu laisseras trois ou quatre pouces de terre sans être pavé, afin que ledit pavé n'empêche pas l'accroissement des arbres. Et quand cela sera fait, tu pourras faire apporter sur ledit pavé de la terre jusqu'à un pied de haut et davantage; après tu pourras semer telles espèces de légumes que tu voudras... et, si tu préferes, du foin, qui servira de pâturage.

THÉORIQUE. Mais si je couvre le parterre pavé de terre et que je sème quelque chose dessus, les eaux qui passeront submergeront les semences que j'y aurai semées.

PRATIQUE. Tu as fort mal retenu le propos que je t'ai dit plusieurs fois, que les terres spongieuses et labourées ne peuvent contenir l'eau, par quoi tu dois entendre que les pluies qui tomberont dedans ton parterre descendront à travers les terres jusque sur le pavé, et étant sur ledit, trouvant la pente d'icelui, descendront jusqu'aux réceptacles. Cela te doit faire bien considérer que les eaux des pluies qui tombent par les montagnes, terriers et toutes places qui ont inclination vers le côté des rivières ou fontaines, ne s'y rendent pas soudain. Car si ainsi était, toutes les sources tariraient en été, mais parce que les eaux qui sont tombées durant l'hiver sur les terres ne peuvent passer promptement, mais petit à petit, descendent jusqu'à ce qu'elles aient trouvé la terre foncée de quelque chose, et quand elles ont trouvé le roc, elles suivent la partie inclinée se rendant ès rivières.....

THÉORIQUE. Ne saurais-tu donner quelque invention de laquelle puissent s'aider les laboureurs en plat pays sans être contraints de paver la sole?

PRATIQUE. Si j'étais homme de village et que mon habitation fût en pleine campagne, j'aurais espoir de trouver quelque fontaine pour la provision de ma famille.

J'élirais quelque pièce de terre prochaine de ma maison, et l'ayant haussée d'un bout, comme je l'ai dit ci-devant, je voudrais avoir certains maillets de bois et battrais la terre fort unie; et étant ainsi battue et bien dressée, je ferais les réceptacles que j'ai dit ci-dessus. Ensuite, je chercherais en quelque part, soit pré ou bois, quelque terre qui fût bien épaisse d'herbe, et d'icelle je ferais un si grand nombre de gazons, que j'en aurais pour former tout le dedans de mon parterre, et afin que les racines des herbes entrassent d'un gazon à l'autre, je remplirais toutes les jointures de terre fine, et lors ce serait un pavé de pré qui amènerait les eaux jusqu'au réceptacle, par le moyen de son inclinaison.

J'ai vu plus d'un millier de prés naturels qui n'avaient pas trois pieds de pente, où toutefois les eaux se rendaient à la partie basse du pré et demeuraient là un bien long temps avant que la terre les eût sucées; car la quantité des herbes et racines empêche que la terre ne puisse sucer l'eau, comme les terres labourées. Je ne dis pas que les fentes qui viennent en été à cause de la siccité ne puissent boire une partie des eaux quand les terres sont altérées, mais l'inclinaison ou pente du parterre cause que la plus grande part des eaux se rendent au réceptacle.

Si tu avais seulement bordé ton parterre de plusieurs espèces d'arbres, cela donnerait ombrage audit parterre, afin que le soleil ne fît fondre lesdits gazons. Item je voudrais laisser croistre l'herbe desdits gazons, sans la couper, et les pluies descendantes du haut du parterre en bas feraient coucher ton herbage, et lors elle servirait de couverture aux fentes de la terre.

— Le curieux traité de Palissy comprend à bien peu près, en germe au moins, tout ce qui a été tenté pour l'utilisation des eaux de surface, toutefois on doit y joindre le principe formulé par M. Belgrand, à savoir que ce sont presque exclusivement les pluies d'hiver et surtout la neige qui font les sources, et qu'un hiver peu pluvieux répond à une baisse de tous les cours d'eau, quel que soit l'été. En effet, à la saison chaude, l'évaporation est considérable, et la terre, sauf dans les parties dures, non labourées et surtout en pente, absorbe, pour la perdre ensuite par évaporation, toute l'eau qui tombe. Il faut des pluies abondantes pour qu'en plaine la terre soit mouillée à plus de 15 à 20 centimètres. L'hiver, au contraire, la terre saturée laisse descendre à de bien plus grandes profondeurs, l'eau qui cesse de s'évaporer sensiblement, et se réunit dans les couches qui forment les réservoirs qui alimentent les sources. D'où l'on doit conclure que dans tous les systèmes où l'infiltration des terres est en jeu, il faut compter surtout sur les quantités d'eau réunies dans les réceptacles pendant l'hiver, pendant la saison pluvieuse.

SPATH-CALCAIRE. Voyez CARBONATE *de chaux*.

SPATH-FLUOR. Voyez FLUORURE *de calcium*.

SPATH-PESANT. Voyez BARYTE (*sulfate de*).

SPIRAL. Voyez HORLOGERIE et MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE.

STATISTIQUE DE LA FRANCE. La production générale d'un pays peut se partager en deux grandes branches :

La production agricole ;

La production industrielle.

On a donné dans le chapitre Ier de l'article AGRICULTURE (voir ce mot) les principaux chiffres officiels relatifs à la première branche de notre richesse nationale.

On se propose de reproduire ici les chiffres les plus essentiels des résultats fournis par l'administration sur notre production industrielle, que complètent les renseignements sur l'industrie française que l'on trouvera dans le travail sur l'ÉCONOMIE INDUSTRIELLE, qui termine ce volume.

On devrait encore y ajouter, pour donner une idée complète de l'activité industrielle de la France, quelques renseignements relatifs au commerce dont le rôle est d'approvisionner les usines en matières brutes et de placer les produits élaborés.

Statistique industrielle. Lorsqu'on songe à la variété des travaux industriels, on comprend combien est difficile l'exécution d'une statistique tant soit peu exacte, et combien doit encore laisser d'incertitude le travail le plus consciencieux. Toutefois, le soin extrême apporté dans ces derniers temps aux travaux de la statistique de la France, donne aux résultats qu'elle fournit un haut degré d'intérêt, et fait de cet immense travail l'un des plus remarquables qui existent en ce genre.

Les premières recherches statistiques sur l'industrie française furent faites sous Louis XIV, pendant l'administration de Colbert. Les résultats obtenus sont en quelques points assez curieux. Ainsi, tandis que le tissage des laines n'employait que 60,440 ouvriers, et ne fournissait en moyenne qu'un mètre d'étoffe par habitant et par an, la fabrication des dentelles occupait 17,300 ouvriers, c'est-à-dire près de 30 p. 100 du nombre de bras employés à la fabrication des lainages.

En 1788, une statistique industrielle entreprise par M. de Tolosan, et très-remarquable déjà, indique pour

la production industrielle de la France à cette époque les chiffres suivants :

Produits minéraux..	463,160,000 fr.	18 p. 100
Produits végétaux. .	316,500,000	34 —
Produits animaux. .	451,800,000	48 —
	931,460,000 fr.	

L'industrie des lainages avait sextuplé déjà depuis le règne de Louis XIV ; mais la France tirait alors de l'étranger la totalité des soies qu'elle mettait en œuvre.

L'industrie, devenue libre par la révolution de 1789, entra dans cette voie de prodigieux développements dont nous recueillons les fruits. Voici quelle était déjà, d'après Chaptal, la production en 1812 :

Produits minéraux. .	391,572,000 fr.	22 p. 100
Produits végétaux. .	771,638,000	42 —
Produits animaux. .	508,385,000	28 —
Autres produits. . .	148,405,000	8 —
	1,820,000,000	100

Ainsi fut doublée, en vingt-cinq ans, la richesse industrielle de notre pays.

Ces premiers chiffres établis, arrivons aux données plus détaillées et plus précises de la statistique officielle. On a laissé de côté dans ce travail, pour y revenir plus tard dans une autre partie relative aux arts et métiers, et non encore publiée, les ateliers occupant moins d'une dizaine d'ouvriers. Voici d'ailleurs comment sont réunis les renseignements. Les tableaux élémentaires sont dressés par département et par arrondissement, chacun d'eux est divisé en colonnes portant les indications suivantes : Nature des établissements. — Communes où ils sont situés. — Noms des fabricants.—Valeurs locatives. — Montant des patentes. — Valeur annuelle des matières premières. — Valeur des produits fabriqués annuellement. — Nombres et salaires des ouvriers, hommes, femmes ou enfants. — Moteurs ; moulins à eau, à vent, à manége.—Machines à vapeur. — Chevaux, bœufs. — Feux : fourneaux, forges, fours. — Machines : métiers, autres, broches.

C'est le dépouillement de ces immenses tableaux qui fournit les récapitulations suivantes, où on n'a fait entrer que les chiffres relatifs aux éléments les plus importants de la question.

Le tableau placé au bas de la page présente d'abord le sommaire de l'ensemble du travail industriel.

La production totale indiquée dans ce tableau se répartit de la manière suivante entre les trois classes de produits minéraux, végétaux et animaux :

	VALEURS ANNUELLES DES Matières premières.	Produits fabriqués.
1° PRODUITS MINÉRAUX.		
Région du Nord oriental.	167,744,117	290,597,234
— Midi oriental.	51,279,742	137,633,702
— Nord occident.	126,743,034	200,298,673
— Midi occident.	35,494,844	70,798,163
Totaux. . .	381,261,734	699,327,769
2° PRODUITS VÉGÉTAUX.		
Région du Nord oriental.	304,345,172	472,644,344
— Midi oriental.	397,584,378	471,677,251
— Nord occident.	789,307,915	1,017,627,511
— Midi occident.	321,112,340	383,184,502
Totaux. .	1,812,349,805	2,345,133,608
3° PRODUITS ANIMAUX.		
Région du Nord oriental.	275,655,886	381,808,326
— Midi oriental.	315,212,438	528,428,732
— Nord occident.	102,921,469	154,673,338
— Midi occident.	37,143,743	57,775,563
Totaux. . .	730,933,536	1,122,685,959

Si l'on rapproche ces trois totaux, on trouvera que la production industrielle de la France se résume de la manière suivante :

Produits minéraux.	699,327,769
Produits végétaux.	2,345,133,608
Produits animaux	1,122,685,959
	4,167,147,336

c'est-à-dire qu'elle a plus que doublé depuis 1812, date de la statistique dressée par Chaptal.

DÉSIGNATION.	INDICATION DES RÉGIONS · Nord oriental.	Midi oriental.	Nord occidental	Midi occident.	TOTAUX
Nombre d'établissements. . . .	7,177 f.	13,390 f.	27,156 f.	23,774 f.	71,497 f.
Montant des patentes.	1,347,774	834,881	1,549,049	811,746	4,543,450
Valeur annuelle des matières premières.	750,376,809	764,176,558	1,018,972,418	393,750,894	2,927,276,679
Valeur des produits fabriqués annuellement.	1,145,049,901	1,137,739,685	1,372,599,522	511,758,228	4,167,147,336
NOMBRE D'OUVRIERS.					
Hommes.	229,023	238,227	207,553	93,105	767,908
Femmes.	93,440	77,478	83,575	24,344	278,837
Enfants.	58,078	29,663	43,737	12,187	143,665
MOTEURS.					
Moulins à eau.	2,413	7,661	12,425	14,187	36,686
Moulins à vent.	314	174	4,198	3,963	8,649
Manéges.	312	609	438	388	1,747
Broches à filer.	2,544,874	153,156	2,310,139	85,670	5,093,839

DÉPARTEMENTS PAR RÉGIONS.	NOMBRE D'ÉTABLISSEMENTS.			MONTANT DES PATENTES.			VALEUR ANNUELLE DES MATIÈRES PREMIÈRES.			VALEUR DES PRODUITS FABRIQUÉS ANNUELLEMENT.			
	Produits minéraux.	Produits végétaux.	Produits animaux.	Produits minéraux.	Produits végétaux.	Produits animaux.	Produits minéraux.	Produits végétaux.	Produits animaux.	Produits minéraux.	Produits végétaux.	Produits animaux.	TOTAUX.
NORD ORIENTAL.													
Nord.	295	1,686	422	61,334	271,025	75,610	25,484,828	96,000,973	98,803,777	46,732,674	145,735,360	153,604,376	346,072,410
Pas-de-Calais.	18	617	6	3,737	13,651	2,030	1,908,480	19,417,360	3,928,495	3,847,852	33,263,260	5,662,515	42,773,627
Ardennes	211	224	235	45,825	2,026	54,878	26,664,853	3,531,715	109,595,489	39,060,089	5,534,326	122,178,232	166,772,653
Meuse.	47	126	0	26,124	11,669	0	6,480,066	8,583,960	0	10,131,421	11,737,550	0	21,868,971
Moselle.	35	144	12	30,191	6,368	2,213	6,369,367	6,210,807	2,181,466	12,613,962	10,329,940	3,434,505	26,378,407
Bas-Rhin.	14	303	10	9,082	14,404	3,022	3,648,832	7,104,252	2,132,410	6,931,078	15,400,577	3,829,160	26,160,815
Haut-Rhin.	35	286	8	25,216	145,861	3,594	6,784,551	74,028,563	2,381,865	13,991,041	111,866,754	3,545,550	129,403,345
Doubs.	88	46	9	16,272	5,727	976	7,338,891	5,453,288	631,290	12,082,804	6,931,948	796,540	19,811,292
Jura.	23	33	3	7,085	1,578	91	3,299,436	729,989	40,070	5,793,349	1,281,373	99,920	7,114,642
Aisne.	22	227	45	26,764	23,158	7,506	3,184,253	8,742,840	9,703,310	13,017,515	19,695,889	19,266,040	52,077,444
Marne.	38	103	182	6,645	14,923	49,443	812,083	8,848,897	40.733,807	2,650,769	15,681,926	57,854,205	76,186,900
Meurthe.	22	156	15	21,714	9,225	2,552	5,131,473	4,932,949	1,919,967	15,012,874	9,778,752	3,334,407	28,126,033
Seine-et-Marne.	120	79	7	8,221	17,768	1,621	628,253	22,358,676	555,950	3,483,624	25,162,224	1,000,950	29,646,798
Aube.	10	92	28	3,521	11,209	2,233	2,960,324	11,647,500	1,179,900	4,063,620	18,250,224	3,056,200	25,370,062
Haute-Marne.	94	31	3	78,767	440	333	16,027,638	186,836	467,125	25,281,178	884,394	815,500	26,681,072
Vosges.	31	172	0	11,688	11,286	0	5,383,005	10,142,086	0	10,298,667	14,978,901	0	25,277,562
Yonne.	16	20	1	6,388	1,013	162	2,716,926	414,582	240,000	3,495,810	726,024	272,000	4,493,834
Côte d'Or.	181	83	60	45,107	12,109	3,987	13,242,667	8,677,364	1,557,610	18,728,977	10,670,861	2,235,592	31,635,430
Haute-Saône.	64	70	9	45,284	11,938	1,108	11,035,396	10,007,382	471,075	14,356,173	13,167,445	662,560	28,186,178
Cher.	26	11	0	25,950	1,313	0	5,236,593	139,472	0	8,875,711	272,394	0	9,148,105
Nièvre.	84	18	3	34,685	1,903	733	12,906,232	315,110	137,280	20,148,043	420,817	160,074	20,828,934
Totaux pour la région.	1,474	4,527	1,058	540,200	595,476	212,089	167,744,147	306,776,776	275,655,886	290,597,231	472,644,344	381,808,326	1,145,049,901
MIDI ORIENTAL.													
Ain.	24	80	12	1,704	6,098	4,449	108,170	6,249,792	5,255,950	558,298	8,151,325	6,962,000	15,673,623
Isère.	500	83	70	23,063	7,693	11,150	6,169,899	5,250,931	9,879,332	14,112,242	7,927,992	15,573,315	37,613,549
Hautes-Alpes.	16	34	36	196	1,111	1,537	23,600	990,288	1,001,840	63,369	1,181,510	1,413,539	2.658,418
Basses-Alpes.	42	10	47	298	269	2,715	38,092	65,778	1,530,140	184,535	143,305	2,365,334	2,693,174
Var.	271	106	44	8,855	5,774	5,483	1,497,796	1,534,623	3,060,300	4,242,593	2,190,952	3,886,825	10,320,370
Bouches-du-Rhône.	200	215	418	41,786	60,424	17,444	8,946,639	95,650,396	8,977,835	26,860,074	106,928,854	12,400,372	146,189,300
Gard.	56	238	142	33,437	24,101	25,833	1,788,476	10,501,959	14,905,382	7,820,111	16,007,678	20,756,683	44,584,372
Hérault.	145	435	137	6,320	33,324	28,530	876,435	31,461,551	21,559,451	3,554,070	35,357,657	31,228,469	69,940,196
Aude.	67	94	61	6,249	8,349	8,858	788,147	7,635,991	5,535,907	1,756,844	8,771,187	9,863,091	20,391,122
Pyrénées-Orientales.	158	250	19	3,984	13,885	85	1,275,930	2,591,045	126,200	2,149,549	4,146,890	227,900	6,524,339
Allier.	187	685	33	16,574	24,451	2,121	4,540,646	13,400,197	429,715	13,607,056	15,247,317	650,541	29,504,914
Saône-et-Loire.	603	1,160	0	7,833	30,830	0	3,009,208	71,664,250	0	9,843,711	75,679,270	0	85,522,981
Rhône.	24	77	228	11,167	8,100	23,940	2,752,000	17,659,468	145,243,795	6,459,981	30,311,169	201,143,600	237,914,750
Puy-de-Dome.	570	2,181	1	499	2,093	184	2,296,470	26,970,300	403,385	8,252,109	32,350,767	519,470	41,122,346
Loire.	170	197	287	37,796	31,869	45,487	12,297,075	30,179,877	41,728,599	28,846,383	38,485,423	63,241,520	130,573,326
Cantal.	26	791	2	1,216	16,390	325	87,680	8,919,233	146,000	301,455	10,470,289	237,800	11,009.544
Haute-Loire.	3	11	13	183	135	980	227,850	238,679	921,960	428,000	422,410	1,316,684	2,167,094
Ardèche.	5	728	210	3,211	15,259	38,275	1,042,117	8,167,727	23,438,268	1,459,684	10,279,870	26,172,272	37,911,826
Drôme.	56	406	157	2,608	22,701	25,401	193,685	38,725,303	14,765,112	743,032	43,153,729	18,532,475	62,429,236
Aveyron.	11	6	57	4,437	295	21,948	1,469,351	73,503	6,815,788	4,213,152	165,697	9,629,202	14,008,051
Lozère.	0	5	7	0	180	1,599	0	61,040	988,000	0	116,935	1,766,000	1.882,935
Vaucluse.	49	303	122	2,837	26,140	14,813	1,350.456	20,590,447	8,501,479	2,377,454	24,185,125	10,541.640	37,104.219
Totaux pour la région	3,192	8,095	2,103	214,253	33,941	281,157	51.979.742	397,584,378	315,212,438	137,633,702	471,677 251	528,498,732	1,137,729,585

NORD OCCIDENTAL.													
Somme.	44	1,053	54	1,564	69,642	13,777	1,054,068	36,745,147	9,772,739	1,648,486	46,224,054	14,705,962	62,579,502
Seine-Inférieure.	112	1,077	48	22,560	121,686	6,556	13,321,211	161,857,873	3,243,999	21,076,594	22,464,429	4,207,510	249,338,533
Calvados	252	637	243	6,812	59,314	21,447	651,320	38,029,949	12,609,959	3,527,439	46,837,442	18,190,717	68,555,598
Manche	124	795	42	6,002	30,314	1,981	2,117,923	17,306,089	1,296,212	3,981,124	20,236,989	1,762,040	25,979,153
Ille et-Vilaine.	281	972	65	10,313	30,130	5,522	1,351,366	26,875,850	1,915,069	3,524,239	32,244,006	3,613,270	39,381,515
Côtes-du-Nord.	24	1,736	31	2,785	41,566	1,300	411,221	26,788,652	532,694	765,383	29,747,810	675,672	31,186,865
Finistère.	19	102	10	1,172	10,225	8,559	154,505	5,431,619	1,050,912	1,076,041	8,838,940	2,900,455	12,315,436
Morbihan.	481	1,427	166	8,836	54,511	3,179	1,205,186	52,286,513	679,732	2,313,820	62,483,157	1,245,122	66,042,099
Loire-Inférieure.	209	4,617	636	28,182	226,644	27,167	9,995,683	112,867,459	11,933,400	21,853,879	125,270,898	14,635,800	161,760,577
Oise.	141	720	440	16,578	43,904	22,805	3,638,613	21,221,886	9,982,378	6,435,064	26,788,782	15,125,924	48,349,770
Eure.	95	664	61	22,455	77,099	26,036	15,667,825	19,026,992	16 604,778	23,833,825	65,409,992	27,208,452	116,452,269
Seine-et-Oise.	115	306	57	11,765	46,977	9,940	5,390,152	50,299,950	5,585,077	9,231,002	36,967,595	9,618,300	55,816,897
Seine(1).	55	72	29	16,780	25,252	8,234	52,121,033	72,185,785	8,328,240	61,853,617	92,440,490	10,952,138	165,264,245
Orne.	231	807	64	18,394	35,555	3,446	7,363,807	21,829,124	3,377,038	12,222,631	26,566,818	4,693,619	43,483,068
Eure-et-Loir.	200	603	46	9,990	42,644	3,935	1,192,384	32,433,822	1,216,041	3,040,876	36,997,428	2,331,239	42,160,543
Loiret.	250	1,007	85	14,896	44,527	6,121	1,235,374	21,253,005	4,559,024	3,699,992	24,760,598	7,108,042	35,568,632
Mayenne.	151	715	49	5,811	31,329	1,545	3,878,905	13,656,709	1,396,650	5,925,282	16,178,744	1,879,140	23,983,166
Sarthe.	290	3,091	94	20,902	61,121	6,959	2,348,319	38,759,185	3,129,041	4,972,741	46,022,469	4,107,290	55,002,500
Loir-et-Cher.	185	167	14	4,981	9,456	1,209	894,230	8,530,472	1,711,867	1,975,788	9,894,357	3,774,590	15,644,735
Maine-et-Loire.	75	277	6	13,715	27,051	1,369	1,166,494	15,400,018	645,569	5,827,380	20,154,993	1,328,035	27,310,408
Indre-et-Loire.	22	547	38	3,001	24,965	4,550	583,415	16,532,816	3,551,050	1,504,470	19,720,520	4,600,021	25,825,011
Totaux pour la région.	3,446	21,392	2,318	247,500	1115912	185,637	126,743,034	789,307,915	102,921,469	200,398,673	1,017,627,511	154,673,338	1,372,599,522
MIDI OCCIDENTAL.													
Vendée.	507	2,219	247	8,633	36,039	3,489	462,776	3,269,556	1,350,400	1,686,141	39,074,734	2,597,665	43,258,540
Charente-Inférieure	241	1,167	25	5,448	41,145	1,379	3,476,616	12,297,690	398,076	8,174,614	14,582,521	1,044,330	23,801,865
Gironde.	131	1,362	41	7,134	41,579	2,732	4,814,116	43,452,067	1,725,573	7,451,973	51,892,199	2,376,367	61,720,539
Landes.	290	851	29	12,039	33,094	1,125	1,979,555	11,369,458	378,722	4,514,877	12,658,701	491,142	17,464,720
Basses-Pyrénées.	103	1,482	257	3,451	31,116	9,814	1,472,220	14,320,407	3,750,472	4,488,083	17,660,014	7,577,837	29,725,934
Deux-Sèvres.	134	426	47	4,982	13,231	4,660	541,637	5,913,886	3,319,885	812,339	6,922,155	4,525,728	12,360,822
Vienne.	35	300	15	5,148	12,703	940	1,741,054	17,560,939	1,448,534	3,107,575	20,606,085	1,852,300	25,565,960
Indre.	47	464	48	14,792	19,859	5,337	2,005,656	8,724,437	2,438,669	4,241 520	10,606,770	3,626,720	18,475,010
Charente.	386	1,364	89	16,946	92,416	2,574	2,987,582	17,101,662	1,036,693	4,980,912	21,841,577	1,741,793	28,564,282
Haute-Vienne.	253	867	103	16,694	33,477	7,519	3,632,116	7,199,846	3,481,775	7,721,631	9,236,155	5,867,415	22,824,201
Creuse.	82	810	54	2,037	16;307	4,372	89,528	10,377,467	2,294,581	494,730	11,559,979	3,310,176	15,364,885
Dordogne.	68	1,644	11	7,327	24,855	616	2,974,524	24,302,384	292,390	4,978,707	27,296,872	373,805	35,649,384
Corrèze.	36	344	4	2,000	13,271	104	448,946	9,529,479	21,104	1,338,160	10,922,651	47,500	12,308,311
Lot-et-Garonne	227	1,223	69	11,628	37,206	2,544	1,389,238	18,027,551	750,414	2,078,670	26,237,869	904,162	29,220,701
Lot.	23	121	15	1,171	4,406	403	413,573	1,201,511	123,970	684,242	1,410,395	198,418	2.293,055
Gers.	35	1,830	30	11,590	44,064	2,103	220,524	18,924,380	1,540,432	785,276	21,454,301	2,002,321	24,242,498
Tarn-et-Garonne.	60	82	19	993	6,929	2,809	275,608	10,852,647	1,614,514	852,563	12,886,015	2,332,860	16,091,438
Tarn.	97	355	498	6,980	23,328	7,800	904,275	10,810,872	4,681,689	2,083,857	12,110,962	7,046,615	21,241,434
Hautes-Pyrénées.	88	395	23	1,825	13,884	909	187,337	18,103,580	711,500	1,123,934	20,490,071	918,315	22,532,320
Haute-Garonne.	31	727	55	7,635	25,645	4,974	2,405,026	24,853,572	3,501,345	4,395,950	30,063,837	5,310,830	39,740.617
Ariége.	228	118	101	20,834	8,055	4,607	3,073,104	3,186,149	2,281,955	4,931,809	3,670,639	5,609,264	12,211,712
Totaux pour la région.	3,445	18,549	1,780	169,327	572,609	69,810	35,494,811	321,112,340	37,143,743	70,798,163	383,184,502	57,775,563	511,758,228
Totaux des 4 régions.	11,557	52,681	7,259	1171280	2600504	748,702	381,261,734	1,812,319,705	730,933,536	699,327,769	2,338,598,978	1,122,685,959	4,167,147,336
(1) Paris excepté, v. plus loin.		71.497			4,543,450			2,927,276,679			4,167,147,336		

Les salaires sont évalués de la manière suivante par les auteurs de la Statistique de la France :

	Hommes	Femmes.	Enfants.
Région du Nord oriental. .	2f,02	1f,00	0f,70
— Midi oriental. .	2f,18	0f,98	0f,74
— Nord occidental.	2f,22	1f,10	0f,78
— Midi occidental.	1f,86	0f,82	0f,60
Moyennes.	2f,07	1f,02	0f,72

Si l'on tient compte des chômages si nombreux dans les travaux manufacturiers, on reconnaîtra que la position de l'ouvrier industriel est bien loin d'être satisfaisante en France. On doit remarquer, de plus, qu'un certain nombre d'ouvriers d'élite reçoivent des salaires de beaucoup supérieurs aux chiffres précédents, ce qui réduit encore la part du plus grand nombre des travailleurs de nos fabriques.

Le grand tableau des pages antéprécédentes indique les données principales relatives à chaque département de la France continentale. Les chiffres relatifs à la Corse ne sont pas encore publiés.

Ce tableau indique la répartition du travail industriel en masse par département. Le tableau de la page suivante indique, au contraire, la masse afférente à chaque industrie, considérée dans l'ensemble des départements. Le défaut d'espace ne nous permet pas d'en donner le détail par département.

Dans le tableau ci-dessous on a rangé les départements par ordre alphabétique, pour faciliter les recherches, et vis-à-vis de chacun d'eux on a placé des chiffres qui indiquent le rang qu'ils occuperaient dans une liste par ordre d'importance dressée pour les branches principales de notre production. Les chiffres manquants indiquent que la production du département est nulle, ou inférieure à 2 millions, en produits de la nature considérée.

NOMS des DÉPARTEMENTS.	NUMÉROS DE CLASSEMENT par ordre d'importance de la production.							NOMS des DÉPARTEMENTS.	NUMÉROS DE CLASSEMENT par ordre d'importance de la production.						
	Total.	En produits minéraux.	En produits végétaux.	En produits animaux.	En fer.	En tissus de coton	En tissus de laine.		Total.	En produits minéraux.	En produits végétaux.	En produits animaux.	En fer.	En tissus de coton.	En tissus de laine.
Ain.	67	»	67	27	»	»	16	Loiret.	34	50	30	25	»	»	»
Aisne.	21	17	40	11	»	»	8	Lot.	83	»	»	»	»	»	»
Allier.	40	16	47	»	5	»	»	Lot-et-Garonne .	41	62	28	»	»	»	»
Alpes (Basses-). .	81	»	»	49	»	»	»	Lozère.	85	»	»	»	»	»	»
Alpes (Hautes-) .	82	»	»	»	»	»	»	Maine-et-Loire. .	45	35	38	»	»	»	»
Ardèche.	31	»	61	9	»	»	»	Manche.	49	48	37	»	»	»	»
Ardennes. . . .	4	3	71	3	2	»	1	Marne.	12	58	45	5	20	»	3
Ariége.	74	40	73	30	»	»	18	Marne (Haut-). .	46	6	»	»	1	»	»
Aube.	52	47	41	45	»	10	»	Mayenne.	55	34	43	»	»	»	»
Aude.	62	»	66	10	»	»	7	Meurthe.	14	12	63	43	»	»	»
Aveyron.	70	46	»	22	19	»	12	Meuse.	59	22	54	»	8	13	»
Bouches-du-Rhône.	7	5	4	18	»	»	»	Morbihan.	15	»	8	»	»	»	»
Calvados.	14	52	10	13	»	»	11	Moselle.	47	18	60	42	»	»	15
Cantal.	75	»	59	»	»	»	»	Nièvre.	61	10	»	»	10	»	»
Charente.	42	37	33	»	»	»	»	Nord.	1	2	1	2	3	9	2
Charente-Inférieure. .	56	27	49	»	»	»	»	Oise.	22	33	26	15	»	12	»
Cher.	77	25	»	»	9	»	»	Orne.	24	19	27	32	»	»	»
Corrèze.	73	»	66	»	»	»	»	Pas-de-Calais. . .	26	49	19	29	»	4	9
Corse.	»	»	»	»	»	»	»	Puy-de-Dôme. . .	28	26	20	»	»	»	»
Côte-d'Or.	36	11	57	52	6	»	»	Pyrénées (Basses-)	38	42	42	24	»	»	»
Côtes-du-Nord. . .	37	»	24	»	»	»	»	Pyrénées(Hautes-)	58	»	36	»	»	»	»
Creuse.	69	»	55	44	»	»	»	Pyrénées-Orient. .	79	60	72	»	»	»	»
Dordogne.	35	38	25	»	12	»	»	Rhin (Bas-). . . .	48	31	46	37	»	8	»
Doubs.	63	20	69	»	»	»	»	Rhin (Haut-). . .	9	15	3	11	»	2	»
Drôme.	17	»	13	12	»	»	13	Rhône.	3	32	22	1	»	3	5
Eure.	10	7	7	8	17	6	6	Saône (Haute-). .	43	13	50	»	4	14	»
Eure-et-Loir. . .	27	57	16	51	»	»	»	Saône-et-Loire. . .	11	23	6	»	14	»	»
Finistère.	72	»	65	46	»	»	»	Sarthe.	20	39	12	6	»	»	»
Gard.	23	28	11	10	18	»	»	Seine.	5	1	5	19	»	»	»
Garonne (Haute-).	29	13	23	31	»	»	»	Seine-et-Marne. .	39	55	29	»	»	»	»
Gers.	54	»	34	53	»	»	»	Seine-et-Oise. . .	19	24	17	23	»	»	»
Gironde.	18	30	9	18	»	»	»	Seine-Inférieure. .	2	8	32	35	»	1	»
Hérault.	13	51	18	7	»	»	4	Sèvres (Deux-). .	71	»	70	34	»	»	»
Ille-et-Vilaine . .	30	53	21	10	»	»	»	Somme.	16	»	11	16		»	»
Indre.	64	15	58	39	13	»	»	Tarn.	60	61	53	26	»	»	»
Indre-et-Loire. . .	50	»	39	33	»	»	»	Tarn-et-Garonne.	66	»	51	50	»	»	»
Isère.	32	11	68	11	11	»	10	Var.	76	11	71	36	»	»	»
Jura.	78	36	»	»	»	»	»	Vaucluse.	33	59	31	20	»	»	»
Landes.	65	11	52	»	16	»	»	Vendée.	25	»	11	17	»	»	»
Loir-et-Cher . .	68	»	62	38	»	»	»	Vienne.	51	56	35	28	»	»	»
Loire.	8	1	15	1	7	11	17	Vienne (Haute-).	57	29	61	»	»	»	11
Loire (Haute-). .	81	»	»	»	»	»	»	Vosges.	53	21	18	»	»	5	»
Loire-Inférieure. .	6	8	2	17	15	7	»	Yonne.	80	51	»	»	»	»	»

NATURE DES PRODUITS.	NOMBRE d'établissements.	MONTANT des PATENTES.	VALEUR annuelle des MATIÈRES PREMIÈRES.	VALEUR des PRODUITS fabriqués annuellement.	OUVRIERS. HOMMES. NOMBRE.	HOMMES. SALAIRE.	FEMMES. NOMBRE.	FEMMES. SALAIRE.	ENFANTS. NOMBRE.	ENFANTS. SALAIRE.	NOMBRE des MACHINES A VAPEUR
			francs.	francs.		fr. c.		fr. c.		fr. c.	
1. Produits minéraux.											
EAUX SALÉES NATURELLES; salines, sel marin, raffinerie.	538	2,577	1,288,285	15,343,467	16,591	1,92	3,829	0,82	1,316	0,53	18
CARRIÈRES; exploitation.	2,690	47,816	4,869,488	29,531,742	26,900	1,88	1,120	0,97	1,660	0,88	35
GALETS et SABLES	6	420	0	197,500	91	2,31	0	0	0	0	0
HOUILLE; extraction.	189	52,935	5,165,035	23,470,567	20,287	1,96	188	0,98	2,927	0 84	225
— fours à coke.	2	262	605,000	706,000	115	1,95	13	0,90	0	0	0
— gaz d'éclairage.	29	13,509	1,550,064	5,076,455	593	2,51	2	1,25	0	1,00	3
ASPHALTE; bitume, exploitation.	15	5,252	432,680	1,464,800	518	2,17	72	0,80	37	0,68	0
TOURBE; extraction.	60	2,435	54,265	202,225	201	2,35	165	1,00	94	0,75	0
SOUFRE; raffinerie et poudre à canon.	4	419	1,072,000	2,028,000	79	2,93	41	1,08	11	1,37	0
CHAUX (fours à).	598	23,181	4,673,471	8,831,749	4,195	1,64	187	1,08	193	0,75	3
PLATRE (fours à).	127	5,119	987,980	2,280,578	978	1,65	57	0,75	83	0,35	3
MARBRE; scierie, marbrerie.	34	2,091	283,347	1,333,728	703	1,92	0	0	1	0,60	0
TRAVAUX PUBLICS (entreprises de).	11	586	3,632,699	6,137,094	3,356	2,05	15	1,09	148	0,72	20
ATELIERS DE CONSTRUCTION; granit, pierre.	43	2,758	3,192,924	6,568,395	4,249	1,95	0	0	70	0,65	0
TERRE ARGILEUSE; tuiles, briqueterie, carreaux.	3,529	138,983	7,720,524	23,290,360	13,344	1,76	2,190	0,95	2,435	0,71	11
— — faïence, poterie, terre à pipe.	624	29,939	3.644,337	10,659,432	6,455	1,87	1,738	0,80	1,464	0,55	8
PORCELAINE.	91	14,393	3.641,676	9,838,493	4,640	1,79	1,360	0,76	841	0,53	3
VERRERIE; bouteilles, cristaux, glaces.	140	63,116	13,335,163	36,156,556	14,092	2,67	1,124	1,04	1,784	0,76	57
FER; minerai, exploitation, lavage.	135	16,079	3,798,818	8,292,218	1,408	2,26	318	0,86	167	0,89	10
— fonte.	249	135,313	33,145,191	49,964,194	10,234	2,14	848	1,05	919	0,88	71
— ouvrages en fonte, fonderie, bouches à feu, projectiles, mécanique.	41	20,560	7,900,717	11,900,415	3,268	2.67	216	0,94	332	0,86	27
— fontes et fers.	234	176,357	46.678,905	81,607,349	16,014	2,24	530	0,96	1,292	0,90	82
— fers en barres et forgés.	219	85,144	23,412,247	36,061,418	6,303	2,30	412	0,90	546	0,90	32
— fers martelés et laminés, tôles, fer-blanc, chaudières.	75	39,806	32,241,944	41,566,180	3,628	2,72	161	1,12	449	0,85	15
— tréfilerie, clouterie, chaînes, aiguilles, épingles, hameçons.	412	44,345	23,878,258	36,702,527	15,035	2,14	1,800	1,03	3,024	0,75	12
— fers marchands.	182	52,049	21,812,132	35,042,262	7,322	2,58	788	0,94	1,025	0,87	14
— fers et aciers.	462	10,986	5,498,550	13,791,807	14,116	3,72	127	1,15	1,640	0,99	15
— quincaillerie, serrurerie, etc.	171	7,984	3.294,121	9.233,250	4,340	2,39	11,070	0,91	1,071	0,52	12
— armes de guerre.	5	2,979	577,601	1,741,953	2,801	2,03	80	0,75	73	0,80	1
— armes de chasse	49	3,430	176,113	1.600,000	1,500	3,00	300	0,75	200	0,60	»
— construction de machines, chaînes, câbles	133	54,194	20,466,413	42,211,969	11,477	3,05	191	0,82	666	0,95	113
— fers ouvragés, instruments aratoires.	76	13,283	6,528,250	12,688,415	5,477	2,53	829	1,13	996	0,74	18
ÉTAIN; extraction, capsules.	2	40	105,500	226,000	104	2,00	»	0	4	0,40	0
MINERAI de plomb et d'argent.	3	213	»	576,442	660	1,25	166	0,60	88	0,47	0
PLOMB LAMINÉ; tuyaux, céruse, plomb de chasse.	24	7,274	5,422,153	6,798,058	464	2,43	2	1,25	38	0,90	17
ZINC, CUIVRE; fil de laiton, etc.	30	5,160	7,311,446	8,797,343	523	2,04	12	1,25	127	0,76	»
A suivre d'autre part.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

NATURE DES PRODUITS.	NOMBRE d'établissements.	MONTANT des PATENTES.	VALEUR annuelle des MATIÈRES PREMIÈRES.	VALEUR des PRODUITS fabriqués annuellement.	OUVRIERS. HOMMES. NOMBRE.	HOMMES. SALAIRE.	FEMMES. NOMBRE.	FEMMES. SALAIRE.	ENFANTS. NOMBRE.	ENFANTS. SALAIRE.	NOMBRE des MACHINES A VAPEUR
Suite des produits minéraux.			francs.	francs.		fr. c.		fr. c.		fr. c.	
Suite d'autre part.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
CUIVRE LAMINÉ; chaudronnerie	5	537	321,260	487,765	111	2,43	2	0,75	12	1,05	»
CUIVRE et PLOMB ouvragés	2	1,114	1,705,400	1,832,700	50	3,75	»	1,25	»	»	»
CUIVRE et ÉTAIN; cloches, canons, doublage	30	4,620	6,885,251	9,075,638	814	2,69	6	1,25	53	1,00	2
OR et ARGENT; affinage	1	175	42,172,350	42,195,000	15	4,00	»	»	»	»	»
— — fabrique des monnaies	1	600	20,000	»	80	2,50	»	»	»	»	1
— — bijouterie, orfévrerie	77	5,503	1,797,865	2,468,939	385	2,45	51	1,30	42	0,83	»
MÉTAUX DIVERS; cendres de métaux	45	8,344	10,570,336	14,306,251	1,606	2,49	201	0,97	187	0,69	13
PRODUITS CHIMIQUES	110	63,368	18,311,758	44,786,577	4,838	2,06	387	1,10	385	0,90	55
INDUSTRIES DIVERSES	54	6,032	1,080,217	2,255,958	566	2,16	136	1,30	158	0,71	4
Totaux	11,557	1,171,280	381,261,734	699,327,769	233,527	2,26	20,774	0,99	26,460	0,80	900
2. Produits végétaux.											
BOIS, FER, construction de bateaux et navires	160	11,272	9,657,453	15,761,959	4,704	23,04	13	1,15	223	0,98	8
— de toutes sortes	1,086	30,334	9,829,381	18,900,525	5,150	1,82	425	0,78	262	0,75	20
TAN (moulins à)	22	721	397,950	483,043	42	1,90	4	1,35	2	0,75	»
LIÉGE; bouchons	63	1,167	164,000	360,610	252	1,40	8	0,60	8	0,50	»
RÉSINE; térébenthine, colophane, etc.	111	6,400	1,803,020	2,177,666	371	1,94	20	1,00	5	1,00	2
GOUDRON	27	206	163,562	249,170	92	1,90	»	»	»	»	»
CÉRÉALES (moulins à)	34,079	1,054,031	1,024,042,732	1,178,813,214	717,38	1,66	4,201	0,81	2,571	0,58	53
— minoterie	24	4,112	6,343,111	6,920,101	159	1,85	27	0,92	15	0,93	»
— amidonnerie	22	3,578	820,890	1,171,155	202	1,73	54	0,85	15	0,45	»
FROMENT; biscuit de mer, farine étuvée	4	1,422	1,859,700	2,221,200	94	2,82	1	2,00	5	1,52	4
ORGE; bière	3,227	145,744	38,495,232	65,635,740	9,425	2,05	19	1,18	8	0,90	6
DISTILLERIE; alcool	1,437	142,736	38,463,775	45,207,765	2,970	2,14	211	1,05	29	0,70	6
BETTERAVES; mélasse, alcool	1	736	300,000	390,000	40	2,00	»		»		1
FROMENT, POMMES DE TERRE; féculerie, etc.	42	6,802	3,796,236	5,210,891	604	1,88	161	0,76	57	0,72	14
OLIVES; huiles, épuration	191	9,019	2,228,125	4,253,908	1,729	3,02	10	1,08	858	1,00	»
GRAINES OLÉAGINEUSES; huile	1,504	79,357	57,156,125	66,211,085	3,749	4,84	574	0,86	145	0,63	63
HUILE, ALCALIS, SAVONS	70	34,815	39,168,922	43,180,629	689	2,38	»	»	26	1,00	1
CHICORÉE moulue	21	3,043	460,525	1,082,900	186	1,63	203	0,84	36	0,67	3
SUCRE INDIGÈNE (fabrique de)	246	56,844	8,623,215	22,432,379	10,559	1,56	3,992	0,90	2,198	0,71	212
— raffineries	89	44,814	122,198,092	139,892,082	3,236	2,50	26	1,15	87	1,04	64
CONFISERIE, CHOCOLAT	34	1,255	705,709	946,487	134	2,48	11	1,25	»	»	2
GARANCE EN POUDRE, GARANCINE	33	12,183	9,312,820	11,102,520	296	2,52	64	1,01	13	1,37	2
VINS MOUSSEUX (fabriques de)	19	11,513	5,025,488	10,743,710	392	2,03	79	1,27	»	1,00	»
— vinaigre	151	24,179	1,914,484	2,537,313	309	1,95	0	0	0	0	»
CONSERVES ALIMENTAIRES; pruneaux	2	0	1,000,000	3,960,000	85	1,75	600	1,25	160	1,00	»
A suivre d'autre part.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

NATURE DES PRODUITS.	NOMBRE d'établissements.	MONTANT des PATENTES.	VALEUR annuelle des MATIÈRES PREMIÈRES.	VALEUR des PRODUITS fabriqués annuellement.	OUVRIERS. HOMMES. NOMBRE.	HOMMES. SALAIRE.	FEMMES. NOMBRE.	FEMMES. SALAIRE.	ENFANTS. NOMBRE.	ENFANTS. SALAIRE.	NOMBRE des MACHINES A VAPEUR
Suite des produits végétaux.			francs.	francs.		fr. c.		fr. c.		fr. c.	
Suite d'autre part.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
PAPETERIE.	401	84,054	20.741,000	38,640,294	6,793	1,76	7,960	0,84	1,873	0,58	53
IMPRIMERIE.	628	55,910	6,854,221	16,770,506	5,541	2,64	332	1,25	766	0,77	6
LITHOGRAPHIE.	248	11,960	764,360	2,335,130	895	2,73	58	1,26	172	0,73	»
IMPRIMERIE TYPOGRAPHIQUE, LITHOGRAPHIQUE; objets variés.	20	1,968	306,795	672,738	2,89	2,87	20	1,35	30	0,68	»
CARROSSERIE; grosses voitures.	26	2,676	660,000	840,000	134	3,40	»		»		»
TEINTURES et COULEURS.	2	598	1,438,000	1,638,000	110	2,20	31	1,50	60	0,50	1
COTON; ouate.	1	250	15,000	35,000	10	1,50	»	»	8	0,75	1
— filature.	566	259,469	94,246,762	147,206,902	22,807	1,96	23,531	1,01	16,726	0,59	244
— fils retors, ganses.	4	766	378,000	585,000	51	2,30	102	1,12	27	0,64	1
— mèches de chandelles.	2	864	276,000	405,360	25	2,25	65	1,00	45	0,75	»
— tissage, molletons, calicots, etc.	1,409	176,710	94,988,834	154,869,063	64,944	1,44	49,944	0,85	21,988	0,50	79
— tricot, bonneterie.	75	7,320	3,757,992	8,827,877	4,466	1,71	2,995	0,88	1,137	0,58	3
— passementerie.	4	1,506	880,700	1,102,000	250	2,05	393	0,26	100	0,59	2
— tulle.	19	1,657	4,959,402	11,222,801	6,497	2,09	4,201	1,00	79	0,53	3
— machines à tulle.	1	247	45,560	549,500	40	1,50	15	0,75	5	»	»
— dentelle.	1	60	5,440	20,100	»	»	150	0,50	250	0,25	»
— broderie.	25	2,218	344,077	2,663,500	»	»	6,040	0,85	100	0,50	»
— blanchisserie.	177	26,438	22,085,783	30,114,525	2,727	2,00	893	1,06	239	0,64	26
— teinturerie, impressions.	110	44,950	38,563,932	5,191,673	7,527	2,65	2,318	1,23	4,124	0,56	54
CHANVRE; filasse apprêtée, peignerie.	21	1,083	718,750	955,050	177	1,38	»	»	2	0,75	
— étoupes, filature, fils.	7	1,619	1,086,125	2,038,048	735	1,55	157	0,85	102	0,65	2
— cordages et filets.	631	16,994	6,132,624	9,056,589	2,561	1,67	1,460	0,92	969	0,68	6
— tissage, toiles cirées, etc.	17	21,39	1,891,150	3,187,467	860	2,95	171	1,43	130	0,48	1
CHANVRE et LIN; filature, fils.	66	21,549	14,758,390	24,315,936	2,827	2,20	1,876	1,06	1,337	0,70	33
— — filature, tissage.	2,933	6,329	24,371,158	39,445,736	21,591	1,46	8,180	0,70	1,869	0,61	16
— — dentelles.	2	224	8,200	262,100	»	»	560	1,04	1,040	0,35	»
— — blanchisserie.	3	373	36,485	103,800	22	1,60	3	1,00	5	0,75	1
— — toiles cirées.	1	77	30,000	40,000	3	1,50	»	»	»	»	»
LIN et COTON; filature, fils.	1	411	83,525	144,018	11	2,20	48	1,15	17	0,62	»
— — tissage.	214	14,179	6,736,635	10,150,796	4,180	1,39	1,980	0,81	1,855	0,51	»
— — blanchisserie.	48	10,006	14,292,391	16,360,462	952	1,90	259	0,94	109	0,82	5
LIN, CHANVRE, COTON, toiles cirées.	3	781	237,125	342,150	130	2,00	20	1,25	14	1,00	»
LIN et CHANVRE; filature, blanchisserie.	9	4,072	4,064,229	6,509,890	491	2,35	540	1,15	413	0,80	10
LIN; peignage, blanchisserie, fils.	8	3,721	1,386,340	2,288,000	224	1,97	635	0,91	109	0,68	4
— étoupes, filature, fils.	23	9,803	6,313,069	10,051,520	876	2,70	1,339	1,30	1,018	0,80	14
— tissage.	1,855	18,422	2,298,771	3,608,754	2,708	1,33	929	0,69	238	0,51	3
A suivre d'autre part.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

NATURE DES PRODUITS.	NOMBRE d'établissements.	MONTANT des PATENTES.	VALEUR annuelle des MATIÈRES PREMIÈRES.	VALEUR des PRODUITS fabriqués annuellement.	OUVRIERS. HOMMES. NOMBRE.	HOMMES. SALAIRE.	FEMMES. NOMBRE.	FEMMES. SALAIRE.	ENFANTS. NOMBRE.	ENFANTS. SALAIRE.	NOMBRE des machines à vapeur
Suite des produits végétaux.			francs.	francs.		fr. c.		fr. c.		fr. c.	
Suite d'autre part.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
LIN et LAINE; tissage.	50	3,450	70,000	100,000	50	1,00	»	»	»	»	»
COTON et LAINE; filature, teinture, tissage.	15	6,308	4,281,133	9,269,681	2,457	2,03	1,341	1,00	950	0,55	14
— — tissage, bonneterie, couvertures	16	7,733	6,957,600	10,243,600	2,265	1,62	1,839	0,90	1,329	0,59	3
— — teinture, impressions.	42	23,362	18,779,818	26,777,962	3,484	1,80	1,612	1,26	1,947	0,66	13
— — blanchisserie, apprêt.	2	4,991	61,398	168,000	105	1,75	25	0,85	10	0,75	»
— — tissage, velours, rubans, etc.	16	5,640	4,731,100	7,792,000	3,400	1,55	1,605	1,06	1,685	0,48	»
COTON, LAINE, LIN; étoffes diverses.	5	912	843,692	1,453,231	522	1,61	144	0,52	19	0,50	1
COTON et SOIE; filature, tissage, etc.	9	2,255	1,274,400	2,612,500	785	1,98	475	1,05	240	0,54	4
— — teinturerie.	53	1,952	2,231,746	2,569,055	104	2,40	13	1,13		»	»
COTON, LAINE, SOIE; tissage.	43	7,409	3,949,454	7,954,291	3,135	2,44	1,557	0,92	2,205	0,53	»
— — — impressions.	2	907	3,605,000	4,830,000	859	2,53	225	1,00	530	0,50	3
COTON, LAINE, POILS DE CHEVRE; tissus.	25	1,840	877,050	1,667,400	293	1,66	843	0,95	34	0,34	1
CHANVRE, LIN, COTON, SOIE; blondes, etc.	3	»	43,032	415,964	»	»	1,029	1,20	114	1,00	»
ÉQUIPEMENTS MILITAIRES.	1	314	»	475,000	150	1,60	80	0,09	5	0,70	»
INDUSTRIES DIVERSES.	137	14,457	6,497,614	13,400,583	2,669	1,81	3,358	0,96	1,267	0,65	6
Totaux.	52,348	2,600,504	1,812,319,805	2,338,508,988	296,581	2,01	141,939	1,04	72,786	0,72	1073
3. Produits animaux.											
LAINE; peignerie, corderie, peaux travaillées.	134	21,087	25,360,443	34,060,069	4,371	2,05	2,398	0,99	1,618	0,60	9
— filature.	507	108,078	101,218,444	134,999,618	13,285	1,78	9,134	0,93	8,291	0,56	142
— tissage, mérinos, stoffs, diverses.	652	50,866	34,842,344	56,190,455	9,940	1,84	6,381	0,88	3,413	0,58	37
— tissage, draps, tapis, feutres, etc.	1,038	136,995	145,731,975	217,009,925	43,067	1,78	26,625	0,89	13,323	0,56	60
— foulerie.	43	4,088	5,652,067	6,214,625	114	2,37	21	1,00	27	0,60	»
— teintureries.	50	11,091	22,292,375	24,709,320	1,901	2,21	109	1,28	128	0,75	19
TISSUS MÉLANGÉS.	516	67,712	76,012,267	115,827,285	24,747	1,95	8,569	1,08	4,765	0,66	45
SOIE; magnanerie, filage, tissage, etc.	1,459	165,875	233,503,810	406,377,455	109,662	2,11	46,127	1,01	9,326	0,70	145
FILS et TISSUS DIVERS; teintureries.	14	695	173,952	294,295	113	1,80	27	1,20	2	»	»
PEAUX; tannerie, corroierie, etc.	1,395	101,298	51,239,087	73,957,371	9,361	1,94	8,629	1,04	506	0,79	22
CUIRS; cordonnerie, sellerie.	115	9,914	1,291,608	2,054,275	2,320	1,44	685	0,64	239	0,53	»
CUIRS VERNIS (fabrique de).	2	375	516,000	625,000	70	3,50	6	1,75	6	1,85	1
POILS et CRINS; chapellerie comprise.	214	14,370	4,199,172	9,194,586	4,147	2,71	1,945	1,08	410	0,64	»
SUIF, CIRE; chandelles, bougies.	151	11,833	9,400,694	11,664,490	531	1,92	247	1,00	69	0,67	12
SUIF, GRAISSE; savons.	3	660	3,642,500	4,196,000	67	3,30	»	»	»	»	3
OS et DÉBRIS; noir animal, colle, engrais.	64	7,098	2,131,314	3,537,009	678	1,84	197	1,05	67	0,99	16
OS, IVOIRE, NACRE; tabletterie.	131	1,846	504,921	1,010,024	698	2,05	278	1,20	87	0,65	»
CONSERVES ALIMENTAIRES; salaisons, etc.	77	3,505	4,949,009	5,903,658	821	1,36	1,377	0,95	104	0,40	2
POISSONS DE MER; pêche, salerie, huilières, etc.	615	10,723	3,493,022	8,439,298	8,840	1,93	2,668	1,00	1,456	0,57	»
INDUSTRIES DIVERSES.	79	20,593	4,778,532	6,421,201	710	2,28	579	1,97	202	»	6
Totaux.	7,259	748,702	730,933,536	1,122,685,959	235,443	1,95	116,002	0,99	44,039	0,66	520
Totaux généraux.	71,497	4,543,450	2,927,276,679	4,167,147,336	767,908	2,07	278,837	1,02	143.665	0,72	2494

On remarquera qu'il n'a pas été possible jusqu'à présent de défalquer, dans les nombreux documents que l'on vient d'analyser, la valeur des élaborations cumulées subies successivement par les matières premières ou par les produits fabriqués en passant d'un département à l'autre. L'administration se propose d'entreprendre ce travail compliqué, mais on n'a encore rien publié à cet égard. La valeur de la matière première figure donc plusieurs fois dans une partie des chiffres qui précèdent. Cette observation était indispensable pour qu'on ne se méprenne pas sur leur véritable signification.

On ne peut même pas déduire des renseignements fournis par la statistique officielle la part qui revient à la main-d'œuvre dans la production industrielle. Il résulte seulement des chiffres qu'elle fournit que l'ensemble des salaires d'un jour de travail s'élève à 1,977,420 fr., mais on ignore le nombre total des jours de travail. Il ne paraît pas atteindre 250 jours par année, en prenant la moyenne des industries. Dans cette hypothèse, la somme revenant au travail s'élèverait à 494,355,000 par an, soit environ 39 p. 100 de la différence entre la valeur totale des produits fabriqués annuellement, évaluée à 4,157,147,336 fr., et celle des matières premières estimée à 2,927,276,679 fr.

D'après les derniers recensements, déjà assez anciens, il est vrai, notre marine marchande compte : 59 navires de 400 tonneaux et au-dessus; 187 de 300 à 400 tonneaux; 539 de 200 à 300; 1,200 de 100 à 200; 1,485 de 60 à 100; 1,037 de 30 à 60; 10,518 de 30 et au-dessous : en total 15,825 navires jaugeant ensemble 647,10 tonneaux. HERVÉ MANGON.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE PARISIENNE. Le travail ci-après, renfermant les résultats d'une enquête faite avec beaucoup de soin par la Chambre de commerce de Paris, offre pour la première fois une exposition exacte (sauf les erreurs inséparables d'un semblable travail, et la tendance de chaque industriel à indiquer par amour-propre un chiffre trop élevé de ses affaires) de la grande industrie qui s'exerce dans la capitale, et mérite à juste titre de la placer en tête des grands centres industriels.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE PARISIENNE,

Résultant de l'enquête faite par la Chambre de Commerce de Paris en 1847 *et* 1848.

(Les prix des matières premières sont confondus avec la main-d'œuvre.)

GROUPES D'INDUSTRIES.	NOMBRE de fabricants.	NOMBRE d'ouvriers.	IMPORTANCE des affaires.
1° Alimentation.	3,673	10,428	226,863,080 f
2° Batiment.	4,061	41,603	145,412,679
3° Ameublement.	5,713	36,184	137,145,246
4° Vêtement.	29,213	90,064	240,947,293
5° Fils et tissus.	3,799	36,685	105,818,474
6° Peaux et cuirs.	426	4,573	41,762,965
7° Carrosserie, Sellerie.	1,253	13,754	52,357,176
8° Industries chimiques et céramiques. . . .	1,259	9,737	74,546,606
9° Travail des métaux, Mécanique.	3,104	24,894	103,631,600
10° Travail des mét. précieux, Bijout. Orfévr.	2,392	16,819	134,830,276
11° Boisselleries, Vannerie.	1,561	5,405	20,482,304
12° Articles de Paris.	6,124	35,679	128,658,777
13° Imprimerie, Gravure, Papeterie.	2,235	16,705	51,171,873
Totaux.	64,816	342,530	1,463,628,350

1° Alimentation.

DÉSIGNATION.	NOMBRE des fabricants.	NOMBRE des ouvriers.	IMPORTANCE des affaires.
Bouchers.	500	1,429	74,893,432
Boulangers.	604	2,646	60,242,390
Brasseurs.	22	238	3,851,500
Brûleurs de café.	46	59	2,033,070
Charcutiers.	381	833	15,731,312
Chocolatiers.	72	396	3,896,977
Confiseurs.	84	659	6,262,262
Conserves alim. (fab. de).	17	161	1,623,000
Crémiers, fromagers. . .	237	66	337,798
Distill. fabr. de liqueurs et de sirops.	119	318	8,276,805
Eaux gazeuses et minérales (fab. de).	26	189	912,700
Epiciers fabricants. . . .	1,125	955	9,621,259
Glaciers.	43	134	1,224,160
Pâtes aliment. (fab. de).	16	151	1,569,728
Pâtissiers.	356	1,696	12,255,087
A reporter. . . .	3,648	9,926	202,731,480

DÉSIGNATION.	NOMBRE des fabricants.	NOMBRE des ouvriers.	IMPORTANCE des affaires.
Report. . . .	3,648	9,926	202,731,480
Raffineurs de sucre. . . .	9	435	23,500,000
Vinaigriers et moutard. .	16	63	631,600
Total. .	3,673	10,428	226,863,080

C'est surtout pour cette section que l'on doit se rappeler l'observation faite ci-dessus, qu'on n'a pas séparé dans ces chiffres le prix des matières premières de celui des frais de fabrication.

2° Bâtiment.

DÉSIGNATION.	NOMBRE des fabricants.	NOMBRE des ouvriers.	IMPORTANCE des affaires.
Bateaux (constructeurs de barques et déchir. de).	16	53	365,500
Carrelage (entrepr. de). .	13	93	302,500
Charpentiers	121	3,545	16,137,000
Couverture et plomberie des bâtim. (entrep. de).	106	1,166	6,082,600
Échelles (fabricant d'). .	8	17	64,900
A reporter. . . .	264	4,874	23,952,500

DÉSIGNATION.	NOMBRE des fabricants.	NOMBRE des ouvriers.	IMPORTANCE des affaires.
Report. . .	264	4,874	23,952,500
Lettres en relief (fab. de).	22	109	487,000
Maçons.	364	9,287	26,853,740
Marbriers pour bâtiment.	102	992	4,728,980
Menuisiers en bâtiment. .	1,012	8,134	26,958,885
Menuisiers-parqueteurs. .	20	206	639,100
Menuisiers-rampistes. . .	22	71	172,940
Menuisiers-treillageurs. .	29	58	241,400
Ornemanistes pour décoration de bâtiment. . .	34	436	1,258,200
Pavage (entrepren. de). .	61	2,851	8,384,600
Peintres en bâtiment. . .	866	5,571	16,134,510
Poëliers-fumistes et fabr. d'appar. de chauffage. .	326	2,829	10,171,847
Scieurs de bois pour charpente et menuiserie. .	53	277	1,534,520
Serruriers en bâtiment. .	733	4,869	18,600,835
Tombeaux (constructeurs et sculpteurs de). . . .	124	470	1,453,710
Trottoirs (construct. de).	15	263	2,875,412
Vidanges (entrepren. de).	6	306	1,964,500
Totaux. . .	4,064	41,603	145,412,679

3° Ameublement.

Albâtre (sculpteurs en).	19	69	233,964
Appareils pour éclairage au gaz (fabricants d'). .	50	707	3,785,500
Billards (fabricants de).	55	260	1,326,900
Bronze (fabricants de). .	188	2,711	18,493,979
Bronze (ciseleurs sur). .	229	986	1,312,000
Bronze (doreurs sur). .	53	416	1,920,900
Bronze (fondeurs de). . .	38	1,251	5,050,000
Bronze (metteurs au). . .	21	46	82,000
Bronze (monteurs de). .	108	434	871,200
Bronze (tourneurs en). .	41	153	292,040
Bronze (vernisseurs sur).	75	442	743,060
Cadres et moulures (fabricants de).	197	1,107	4,041,100
Canniers, empailleurs et rempailleurs de chaises.	188	202	250,635
Crins (peigneurs, trieurs et apprêteurs). . . .	20	219	1,084,150
Doreurs sur bois.	143	1,162	4,461,020
Ebénistes et menuisiers en meubles.	1,831	9,046	27,982,950
Fauteuils et chaises (fabricants de).	254	1,827	5,061,540
Lampistes.	226	1,974	7,880,581
Literie (fab. d'art. de). .	338	680	3,305,053
Marbriers pour ameublements.	79	631	2,160,950
Marqueteurs et découp. .	98	406	1,148,529
Miroitiers.	87	632	4,751,700
Mouleurs en plâtre et en composition.	51	177	671,750
Papiers peints (fabr. de).	139	3,295	10,227,150
Scieurs de bois pour l'ébénisterie et marchands de bois débité.	47	300	2,291,800
Sculpteurs, ébénistes. . .	174	620	1,011,110
Sculpteurs-modeleurs de statuettes de bronze. .	110	517	1,580,860
Sculpteurs sur bois. . .	44	505	1,139,400
Stores (fabricants de). . .	17	142	630,600
Tapissiers.	476	3,920	20,663,202
Tourneurs en chaises. . .	223	958	1,892,998
Tourneurs de bois pour ameublements.	94	389	792,700
Totaux. . .	5,713	36,184	137,145,246

4° Vêtement.

DÉSIGNATION	NOMBRE des fabricants.	NOMBRE des ouvriers.	IMPORTANCE des affaires.
Blanchisseurs.	4,847	8,763	12,060,187
Buanderies et lavoirs publics (entrepren. de). .	163	238	1,018,550
Casquettes (fabric. de). .	526	4,056	7,623,851
Chapeliers.	639	4,093	16,762,680
Chaussonniers.	278	1,913	3,602,977
Confectionneurs de vêtements de femmes. .	195	1,352	7,632,012
Cordonniers, fabricants de chaussures.	6,048	20,929	43,282,487
Corsets (fabricants de). .	645	2,968	5,084,245
Costumiers.	16	84	323,550
Couturières.	5,175	6,813	9,630,148
Fourreurs et pelletiers. .	86	638	4,336,950
Fripiers et marchandes à la toilette.	180	55	394,450
Guêtriers.	37	280	726,655
Lingerie (entrepren. de).	1,966	10,190	26,553,698
Modistes.	852	2,717	12,326,113
Poils pour la chapellerie (coupeurs et prép. de)	29	596	2,506,185
Repriseuses.	234	114	222,250
Sabots et galoches (fabricants de).	27	97	205,500
Tailleurs d'habits.	6,891	22,215	80,649,320
Teinturiers-dégraisseurs.	394	1,092	3,722,935
Visières (fab. de).	48	861	2,282,550
Totaux. . .	29,216	90,064	240,947,293

Ce qui est bien remarquable dans cette section c'est le nombre immense d'entrepreneurs, grâce à la facilité d'établissement dans des professions où l'habileté de l'ouvrier est presque une condition suffisante de succès. Le nombre de ces entrepreneurs (dont il est vrai les établissements ont souvent bien peu d'importance) atteint presque moitié du nombre total des entrepreneurs de la ville de Paris.

5° Fils et tissus.

DÉSIGNATION.	NOMBRE des fabricants.	NOMBRE des ouvriers.	IMPORTANCE des affaires.
Apprêteurs de tissus et décatisseurs de drap. .	69	820	1,940,600
Blanchisseurs de tissus. .	29	343	673,044
Bonneteries (fab. de). . .	262	2,650	4,754,747
Bourses et sacs en broderie (fab. de).	86	900	1,670,560
Broderies (fab. de). . . .	68	999	1,872,630
Brodeurs et fab. de brod.	509	3,970	6,007,965
Canevas en coton (fab. de).	7	144	500,400
Châles (fab. de).	224	2,490	9,898,480
Chasubliers et brodeurs pour ornem. d'église. .	19	183	1,246,200
Chaussons (fab. de tissus pour).	10	79	451,600
Couvertures et molletons (fabricants de).	34	650	2,100,750
Crin (fab. de tissus en). .	26	136	392,879
Découpeurs de châles et de tissus.	13	44	49,200
Dentelles (fabricants, ravaudeuses et blanchisseuses de dentelles). .	627	1,058	1,915,196
Dessinateurs de fabrique.	66	721	1,337,900
Dessinateurs pour brod. .	92	258	588,346
Épeutisseuses de tissus. .	17	126	67,500
A reporter. .	2,158	15,571	35,467,978

DÉSIGNATION.	NOMBRE des fabricants.	NOMBRE des ouvriers.	IMPORTANCE des affaires.
Report. . .	2,158	15,571	35,467,978
Filateurs et retordeurs de coton.	35	2,103	7,230,000
Filateurs et retordeurs de laine.	16	1,066	5,966,000
Filat. de bourre de soie. Fileurs, moulineurs et retordeurs de soie. .	10	215	389,500
Frangeuses de châles. .	181	1,044	608,360
Gaufreurs et imprimeurs sur étoffes.	35	226	777,050
Gilet (fab. de tissus pour).	40	1,597	3,801,130
Imprimeurs sur tissus. .	3	714	1,215,000
Liseurs de dessin. . . .	23	229	492,680
Ouate (fab. d').	31	228	888,600
Passementerie (fab. de).	992	9,494	28,404,987
Peigneurs de laine. . . .	20	1,075	7,189,300
Peluche (fab. de).	29	269	947,725
Plieurs et dévideurs de coton, de laine et de cachemire.	49	515	1,808,440
Plieurs et dévid. de soie.	50	359	1,466,540
Rubans (fab. de). . . .	9	51	146,750
Tapis (tondeurs et rentrayeurs de).	5	36	76,314
Teintur. de fils et tissus.	54	778	4,804,000
Tissus pour robes, meubles, boutons et feutre (fabricants de).	52	1,065	3,895,050
Tuyaux et sacs sans coutures, toiles en lin et en chanvre (fab. de). .	7	56	242,800
Totaux. . .	3,799	36,685	105,818,474

6° Peaux et cuirs.

Corroyeurs.	271	2,460	23,424,890
Cuirs vernis (fab. de). .	5	184	1,568,000
Mégissiers.	28	173	1,612,500
Parcheminiers.	3	11	220,000
Peaussiers et maroquin.	81	672	4,292,575
Tanneurs.	26	899	10,232,400
Teinturiers en peau pour ganterie.	12	174	412,600
Totaux. . ,	426	4,573	41,762,965

7° Sellerie, Carrosserie, Équipement militaire.

Carrossiers	194	3,772	19,397,324
Charrons-forgerons. . . .	132	778	2,890,400
Chasse (fab. d'articles de)	35	268	796,250
Equipement militaire (fabricants d'articles d').	118	3,928	9,801,350
Lanternes de voitures (fabricants de).	30	172	545,900
Malletiers.	42	319	1,582,328
Maréchaux-ferrants. . .	93	361	1,450,500
Menuisiers en voitures. .	48	458	1,045,250
Pêche (fab. d'art. de). . .	21	70	198,900
Peintres en voitures. . .	53	542	1,050,824
Selliers-harnacheurs, garnisseurs, arçonniers et bourreliers.	283	1,601	8,915,030
Selliers-ceinturonniers. .	27	213	674,900
Selliers-éperonniers, plaqueurs et fab. quincaill. pour harnais et voit. .	106	538	1,690,720
Serruriers en voitures. .	71	734	2,317,500
Totaux. . .	1,253	13,754	52 357,176

STATISTIQUE.

8° Industries chimiques et céramiques.

DÉSIGNATION.	NOMBRE des fabricants.	NOMBRE des ouvriers.	IMPORTANCE des affaires.
Allumettes, veilleuses et mèches (fab. de). . . .	42	668	1,441,250
Amidon et fécule (fab. d').	13	87	951,000
Bougies et chandelles (fabricants de).	38	307	7,804,800
Briques, carr. et tuyaux de cheminées (fab. de).	30	621	2,759,100
Caoutchouc (fabr. d'ouvrages en).	25	577	2,176,000
Charbon préparé et noir animal (fab. de). . . .	31	99	525,800
Cirage et vernis (fab. de).	47	140	969,365
Clarification de l'eau (entrepreneurs pour la) .	3	209	330,000
Coul. et vernis (fab. de).	128	526	6,[illegible]9,905
Cuirs à rasoirs (fab. de).	14	37	121,500
Daguerréotype (fab. de).	34	48	346,500
Dents artificiell. (fab. de)	75	97	852,200
Emaux pour yeux artificiels, boutons en porcelaine, maillons en verre (fabricants d').	10	513	605,400
Encres à écrire et imprimer (fab. d').	25	96	930,170
Epurateurs d'huile. . . .	14	82	12,260,000
Equarrisseurs.	3	6	564,000
Fondeurs de suif.	19	83	7,847,431
Gaz pour l'éclair. (fab. de).	3	405	2,050,000
Gélatine et colle (fab. de).	16	113	1,025,500
Poëles et carr. en faïence fabricants de).	7	130	632,000
Porcelaine (décorat. de).	158	2,748	4,392,100
Porcelaine (fabric. découpeurs, useurs et raccommodeurs de) . . .	17	167	559,500
Poteries en terre cuite, en grès et en faïence. . .	32	399	1,090,450
Préparateurs d'anim. pour l'histoire naturelle. . .	22	37	447,100
Produits chimiques (fabricants de) (1). . . .	41	159	3,489,700
Produits pharmaceutiques (fabricants de).	197	188	6,353,235
Salpêtriers	4	59	436,000
Substance-tinctoriales (fabricants de)	25	195	2,681,500
Toiles et papiers cirés (fabricants de).	14	240	1,473,000
Verres (bombeurs de). .	25	94	338,700
Verres (peint. et dor. sur).	17	149	361,800
Verres et cristaux (tailleurs, graveurs et dépolisseurs).	95	357	1,492,000
Verroterie (fab. de). . .	15	103	239,600
Totaux. . .	1,259	9,737	74,546,601

9° Travail des métaux, Mécanique.

Armuriers.	127	547	3,277,078
Balances et poids (fab de).	48	226	1,491,600
Bandagistes.	101	698	2,243,110
Boucles et agrafes (fab. de).	19	220	1,3 2,700
Chaudronniers	206	1,298	5,963,080
A reporter. . .	5,501	2,989	13,977,508

(1) Beaucoup d'usines pour la fabrication des produits chimiques ne peuvent se fixer à Paris, étant considérées comme établissements insalubres; elles se trouvent dans la banlieue. Nous renvoyons à la statistique générale pour la production de ces usines appartenant au département de la Seine

STATISTIQUE.

DÉSIGNATION.	NOMBRE des fabricants.	NOMBRE des ouvriers	IMPORTANCE des affaires.
Report. . .	5,501	2,989	13,977,568
Cloches et timbres (fabricants de).	9	43	165,800
Cloutiers.	64	407	1,848,528
Couteliers.	234	571	2,607,075
Estampeurs.	29	422	1,917,200
Etameurs.	40	126	360,700
Ferblantiers.	231	927	3.313,250
Feuilles et potée d'étain (fabricants de).	8	98	376,000
Fondeurs de métaux. . .	77	1,979	10,933,550
Instruments de chirurgie (fabricants d').	32	298	1,122,700
Lamineurs et planeurs de métaux.	13	90	678,000
Limes (fab. de).	47	459	1,385,770
Lits en fer (fab. de). . .	19	434	2 068,000
Mécaniciens construct. de machines.	238	6,635	25,647,850
Menuisiers-modeleurs. .	30	119	310,500
Métiers à tisser (fab. de).	23	199	814,900
Métiers (fab. d'organ. de).	37	136	345,605
Moulures, tubes et devantures en cuivre (fab. de).	23	296	1,316,200
Œillets mécaniq., amorces (fab. de), et ferreurs de lacets.	22	387	1,518,500
Opticiens et fab. d'instruments de précision.	332	2,030	7,270,430
Plombiers, pompiers et fontainiers.	150	1,039	6,357,350
Potiers d'étain.	59	444	1,909,730
Quincaillerie (fab. d'articles de).	60	257	814,830
Serruriers-mécaniciens et fab. de boul. de vis, etc.	121	1,054	3,077,580
Serruriers pour meubles. .	162	839	2,618,700
Taillandiers et fabricants d'outils.	219	945	3,508,185
Tôle vernie (fabric. de), peintres, doreurs et argenteurs sur métaux. .	89	440	1,636,200
Tourneurs de métaux. .	158	774	2,432,500
Tréfileurs et fabricants de toiles métalliques. . .	87	487	3,292,000
Totaux. . .	3,104	24,894	103,631,601

10° Travail des métaux précieux, — Bijouterie, Orfévrerie, Joaillerie.

Affineurs d'or et de platine.	3	50	900,000
Apprêteurs et tireurs d'or, d'argent et de cuivre. .	8	57	378,100
Batteurs d'or et d'argent.	34	627	4,959,135
Bijouterie en acier poli (fabricants de).	142	1,975	4,963,500
Bijoutiers pour deuil. . .	46	233	813,100
Bijouterie fausse.	342	2,182	6,525,332
Bijouterie fine.	450	4,401	41,599,934
Bijoutiers-garnisseurs. .	20	100	505,500
Ciseleurs, graveurs et guillocheurs.	162	513	1,141,700
Doreurs et argent. pour orfévrerie et bijouterie.	90	644	4,355,276
Émailleurs-peintres, fab. de plaques émaillées. .	69	415	1,345,900
Émaux et pierres fausses (fab. d').	13	34	182,800
A reporter. . .	1,379	11,231	67,683,277

DÉSIGNATION.	NOMBRE des fabricants.	NOMBRE des ouvriers.	IMPORTANCE des affaires.
Report. . .	1,379	11,231	67,683,277
Essayeurs.	5	17	138,000
Estampeurs et graveurs de matrices pour orfévrerie et bijouterie.	58	277	760,900
Fondeurs d'or et d'argent.	13	42	603,400
Graveurs de camées et graveurs de pierres fines.	60	205	773,764
Joaillerie fausse (fab. de).	16	237	848,200
Joaillerie fine (fab. de). .	35	538	19,288,900
Lamineurs pour l'orfévrerie et la bijouterie. . .	5	53	640,000
Lapidaires.	96	160	800,780
Laveurs et fondeurs de cendre et regrets d'orf.	16	86	2,930,000
Monteurs de boîtes de montres.	26	103	283,600
Mosaïque (fab. de). . . .	6	57	267,000
Orfévr. en arg. (fab. de).	42	671	14,322,200
Orfévrerie et argenterie en argent (fab. de petite).	67	494	4,613,900
Orfévres cuilléristes en argent.	17	280	10,090,000
Orfévr. en plaqué (fab. d').	54	791	6,332,600
Orfévrerie en maillechort et en cuivre (fab. d'). .	13	337	1,773,300
Orfévres-cuilléristes en maillechort.	16	351	866,800
Perles fines (fab. de) et souffleurs de perles. . .	40	222	606,185
Perles (enfil. et mont. de).	48	84	173,510
Planeurs pour orfévrerie et daguerréotypie. . .	21	60	249,100
Polisseuses et brunisseuses pour orfévrerie et bijout.	253	474	504,080
Reperceuses pour bijout.	60	53	85,880
Sertisseuses pour joaill. .	46	96	210,900
Totaux. . .	2,392	16,819	134,830,276

11° Boisselierie, Vannerie.

Boisseliers.	107	336	1,460,534
Brosserie commune. . .	146	579	2,234,980
Cordiers.	51	614	2,657,510
Formiers.	58	170	385,800
Layetiers, coffretiers et emballeurs.	297	1,379	6,387,370
Liége (fab. de bouchons et d'ouvrages en).	38	215	928,300
Mottes à brûler (fab. de).	33	87	121,350
Paillassons (fab. de). . . .	46	149	250,050
Pinceaux et brosses à peindre (fab. de). . . .	37	259	928,700
Plumeaux (fab. de). . . .	13	159	752,500
Scieurs de bois à brûler. .	136	278	715,595
Sparterie (fab. d'ouv. en).	33	73	123,353
Tonneliers.	235	384	1,291,640
Tourneurs en bois. . . .	191	441	1,448,955
Vanniers.	140	282	795,680
Totaux. . .	1,561	5,405	20,482,304

12° Articles de Paris.

Acordéons (fab. d') . .	61	288	1,391,197
Baleine (fendeurs de). . .	28	142	1,863,950
Bimbeloterie (fab. de). .	370	2,099	4,321,209
Boutons en corne, os et nacre (fab. de).	78	608	1,700,050
A reporter. .	537	3,134	9,276,406

DÉSIGNATION	NOMBRE des fabricants.	NOMBRE des ouvriers.	IMPORTANCE des affaires.
Report. . .	537	3,137	9,276,406
Boutons en métal et en tissu (fab. de).	57	1,349	4,194,370
Brosserie fine (fab. de). .	117	859	2,238,390
Cadrans de montres et de pendules (fab. de). . .	24	36	149,900
Cannes, fouets et cravaches (fab. de).	163	962	3,507,208
Cartonnage et pastillage (fab. de).	361	2,169	5,375,770
Chapeaux de paille (monteurs et garnisseurs de).	105	2,160	6,412,453
Chapeaux de paille (fab. de tresses et agréments pour).	11	121	384,540
Chapeaux de paille (blanchisseurs et apprêt. de).	57	225	297,800
Cheveux (fab. de postiches et apprêt. d'ouvr. en)	688	973	3,580,665
Eventails (fab. d'). . . .	119	565	2,912,800
Figuristes en cire. . . .	9	36	135,300
Fleurs artific. (fab. de). .	618	6,153	11,055,668
Gainiers.	129	512	1,582,380
Ganterie en peau (fab. de).	182	1,950	14,268,247
Ganterie en tissu. . . .	38	228	261,710
Horlogers et fab. de fournitures d'horlogerie. .	978	2,294	9,410,340
Instruments de mus. à cordes et à archets (fab. d').	18	49	300,700
Instruments de musique à vent en bois (fab. d'). .	15	78	318,000
Instruments de musique en cuivre (fab. d'). . .	37	499	1,620,500
Lunettes (fab. de mont. de).	99	450	1,394,027
Nécessaires (fab. de). . .	157	980	3,877,450
Orgues (fab. d'). . . .	39	413	1,444,950
Parapluies et ombrelles (fabricants de). . . .	375	1,421	7,408,429
Parfumeurs.	102	721	9,741,853
Peignes (fab. de).	242	844	2,897,040
Pianos et harpes (fab. de).	194	2,889	11,486,070
Plumassiers.	61	657	2,571,800
Portefeuilles et articles de maroquinerie (fab. de).	112	895	3,504,660
Tabletterie (fab. de). . . .	366	1,750	6,292,104
Tabletterie pour parapluies (fab. de). . . .	74	304	759,860
Totaux. . .	6,124	35,679	128,658,777

13° Imprimerie, Gravure, Papeterie.

Brocheurs.	114	891	1,095,300
Cartes à jouer (fab. de) .	14	263	946,500
Cartes et cartons en feuil., papiers et cartes porcelaine (fab. de).	30	380	1,467,000
Chiffons (lav. et trieurs de).	21	71	1,670,000
Cire et pains à cacheter (fab. de).	19	84	552,000
Coloristes et enlumin. .	232	725	637,845
Crayons (fab. de). . . .	19	92	450,500
Doreurs sur tranches, sur peau et sur papier. . .	60	201	606,548
Écrivains et dessinateurs pour la lithographie. .	56	95	318,830
Éditeurs d'images et d'estampes.	48	872	2,859,200
Encriers à pompe et art. de bureau (fab. d'). . .	37	175	583,900
A reporter. . .	650	3,849	11,157,623

DÉSIGNATION.	NOMBRE des fabricants.	NOMBRE des ouvriers.	IMPORTANCE des affaires.
Report. . .	650	3,849	11,257,623
Fondeurs, graveurs de caractères et clicheurs. .	40	777	1,816,500
Graveurs de matrices . .	39	101	321,747
Graveurs en taille-douce.	168	360	1,015,355
Graveurs sur bois et sur acier pour la typogr. .	39	193	521,950
Graveurs sur bois pour l'impression des étoffes et des papiers peints. .	36	174	295,000
Graveurs sur métaux pour cachets, timbres, etc.	159	351	969,950
Graveurs sur métaux pour l'impression des étoffes.	8	89	235,800
Imprimeurs-lithographes et en taille-douce. . .	291	2,238	7,798,864
Imprimeurs-typographes.	84	4,536	15,247,211
Papiers à polir, sacs en papier (fab. de). . . .	38	164	616,800
Papiers de luxe et de fantaisie (fab. de).	99	849	3,070,079
Plumes à écrire (fab. de).	15	104	424,534
Registres (fab. de). . . .	140	610	3,054,400
Règles, chevalets, etc. (fabricants de).	25	58	201,500
Régleurs de papier. . . .	26	207	213,200
Relieurs.	373	1,895	4,211,300
Totaux. . .	2,235	16,705	51,171,873

Résumé. Les résultats de l'enquête de 1848-1850 comprennent à la fois les nombres fournis pour l'industrie des départements (Paris excepté) et ceux qui viennent d'être donnés pour l'industrie parisienne, c'est-à-dire que les résultats totaux sont les suivants:

Valeur des produits fabriqués annuellement pour toute la France (Paris excepté).	4,167,147,336
Pour l'industrie parisienne.	1,463,628,350
Total.	5,630,775,686

Nous allons donner maintenant les chiffres d'une enquête plus récente, faite sur des bases un peu différentes, et qui en outre, par suite d'une diminution sensible de la valeur de l'or produite dans l'intervalle, ne sont pas absolument comparables. Ces nombres sont toutefois vrais dans leur signification générale.

Indépendamment de changements dans la méthode suivie, sans doute par le désir de mieux faire, dans les désignations et les groupements, il faut encore tenir compte de l'esprit dans lequel un relevé a été fait pour la production annuelle, qui fait, suivant les circonstances, prendre les chiffres les plus élevés ou les moindres au lieu des chiffres moyens, qui devraient seuls être admis et soigneusement discutés. Faite au lendemain d'un traité de commerce qui inaugurait la liberté commerciale, l'enquête de 1865 avait pour objet de constater les résultats favorables qu'elle avait produits, et était faite avec le désir de les trouver très-importants.

ENQUÊTE FAITE DE 1860 A 1865.

Cette enquête a porté principalement sur la production manufacturière; elle comprend la totalité des usines, tandis que celle effectuée après 1848 ne s'occupait que des ateliers comportant plus de 10 ouvriers. Cela explique, après l'accroissement considérable dû à une époque de prospérité et l'augmentation des prix de toutes choses, l'augmentation si notable du chiffre de la production.

PRODUCTION INDUSTRIELLE DE LA FRANCE (1860-1865)

(moins celle des villes de Paris et de Lyon et celle des manufactures de l'État).

RÉSUMÉ GÉNÉRAL.

DÉSIGNATION DES GROUPES.	NOMBRE des établissements	VALEUR VÉNALE des établissements.	OUVRIERS.			VALEUR	
			Hommes.	Femmes.	Enfants.	des matières premières.	des produits fabriqués.
						fr.	fr.
1. Industrie textile	12,480	548,918,680	308,481	306,898	69,948	1,592,156,033	2,332,871,554
2. Industrie extractive	4,894	415,243,615	98,254	3,624	7,139	6,587,997	166,011,897
3. Industrie métallurgique	1,136	224,317,400	97,325	3,759	4,282	254,448,648	441,475,520
4. Fabrication d'objets en métal	2,020	92,428,250	67,512	4,448	3,342	107,963,441	210,289,948
5. Industrie du cuir	3,035	49,499,380	17,873	860	479	155,241,993	203,024,731
6. Industrie du bois	2,471	24,698,850	12,866	1,255	518	54,100,091	78,280,313
7. Industrie céramique	2,015	62,167,403	35,757	6,310	5,899	29,369,069	96,919,274
8. Produits chimiques	1,644	74,109,223	16,608	3,307	1,699	197,949,594	291,582,526
9. Industrie du bâtiment	13,026	89,423,037	55,000	6,247	6,651	22,338,899	99,810,502
10. Industrie de l'éclairage	787	69,356,400	4,072	737	172	48,174,132	68,210,382
11. Industrie de l'ameublement	151	18,544,440	4,547	1,962	892	6,421,160	17,277,539
12. Industrie de l'habillement et toilette	1,294	19,634,760	19,185	32,735	2,937	61,173,380	113,902,318
13. Industrie de l'alimentation	52,845	720,186,284	143,462	24,257	6,701	2,306,849,169	2,803,818,856
14. Industrie des transports	478	20,960,150	16,904	441	1,026	23,167,183	46,716,730
15. Industrie relative aux sciences, lettres et arts; imprimerie, gravure, papeterie	1,663	90,034,500	31,503	18,529	4,965	68,459,211	146,140,620
16. Industrie de luxe et plaisir	224	4,491,400	3,881	2,171	551	6,759,825	13,944,600
Totaux	100,163	2,524,013,772	933,230	417,540	117,201	4,941,157,825	7,130,287,310
			1,467,971				

Ainsi, d'après ce tableau, il y avait en France, en 1864-1865, 100,163 établissements industriels dont la valeur vénale était estimée à 2 milliards 524 millions.

Ces établissements dépensaient 4,941 millions de matières premières et 194,340,000 francs de combustible, pour aboutir à un chiffre total de fabrication de 7,130 millions.

Le nombre des ouvriers de tout sexe et de tout âge travaillant environ deux cent cinquante jours par an s'élevait à 1,468,000.

La force motrice employée était de 495,304 chevaux-vapeur, fournis, pour 296,100, par 52,461 roues et turbines; 152,319, par 9,471 machines à vapeur; 39,569, par 11,332 moulins à vent, et 7,296, par 5,515 manéges.

Enfin, l'industrie textile possédait 9,675,000 broches et l'industrie du fer 496 hauts fourneaux.

Nous donnerons encore le tableau de la production industrielle par départements.

DÉPARTEMENTS.		DÉPARTEMENTS.		DÉPARTEMENTS.	
	fr.		fr.		fr.
1. Seine	1,989,698,733	31. Saône-et-Loire	78,104,635	61. Charente-Inférieure	35,563,842
2. Nord	799,834,160	32. Finistère	76,326,020	62. Morbihan	35,512,975
3. Rhône	600,556,819	33. Côte-d'Or	75,019,620	63. Aude	34,931,083
4. Seine-Inférieure	440,333,034	34. Maine-et-Loire	71,300,800	64. Allier	32,667,841
5. Bouches-du-Rhône	271,854,370	35. Aube	66,920,950	65. Haute-Marne	32,364,382
6. Loire	224,338,675	36. Doubs	66,618,510	66. Yonne	31,701,983
7. Eure	213,136,049	37. Drôme	65,438,010	67. Gers	30,896,530
8. Haut-Rhin	196,258,280	38. Tarn	60,164,337	68. Vienne	28,603,925
9. Aisne	184,935,418	39. Lot-et-Garonne	57,170,944	69. Mayenne	26,720,520
10. Somme	176,525,707	40. Ain	52,677,470	70. Loir-et-Cher	26,516,225
11. Marne	161,907,783	41. Puy-de-Dôme	52,424,952	71. Landes	26,115,075
12. Loire-Inférieure	161,040,884	42. Indre	50,038,208	72. Haute-Loire	25,726,270
13. Ardennes	160,144,314	43. Meurthe	49,833,456	73. Tarn-et-Garonne	25,544,940
14. Pas-de-Calais	158,081,790	44. Loiret	49,197,500	74. Côtes-du-Nord	24,832,331
15. Bas-Rhin	148,484,655	45. Dordogne	48,958,818	75. Ariége	22,906,650
16. Ardèche	144,259,135	46. Sarthe	48,902,710	76. Lot	20,228,960
17. Ille-et-Vilaine	143,813,200	47. Nièvre	48,807,410	77. Basses-Pyrénées	19,583,936
18. Oise	131,329,920	48. Manche	48,306,390	78. Hautes-Pyrénées	19,174,619
19. Moselle	124,000,280	49. Meuse	46,219,433	79. Pyrénées-Orientales	15,984,975
20. Gironde	122,432,060	50. Deux-Sèvres	45,793,220	80. Alpes-Maritimes	15,675,110
21. Isère	116,235,728	51. Haute-Vienne	44,355,855	81. Corse	14,147,300
22. Gard	115,608,116	52. Var	44,260,885	82. Basses-Alpes	14,019,480
23. Seine-et-Oise	109,640,500	53. Aveyron	43,428,723	83. Creuse	13,742,300
24. Vosges	104,172,915	54. Charente	43,337,065	84. Hautes-Alpes	11,828,968
25. Vaucluse	101,780,500	55. Eure-et-Loir	42,385,500	85. Savoie	9,351,220
26. Haute-Garonne	99,241,062	56. Indre-et-Loire	41,746,860	86. Haute-Savoie	6,963,700
27. Calvados	97,361,820	57. Haute-Saône	40,606,370	87. Lozère	6,087,675
28. Hérault	94,458,470	58. Vendée	39,611,836	88. Corrèze	5,713,940
29. Seine-et-Marne	88,782,550	59. Cher	39,609,850	89. Cantal	3,567,458
30. Orne	82,061,623	60. Jura	39,480,900		

INDUSTRIE PARISIENNE EN 1860.

Le tableau ci-après, combiné en vue d'être comparable aux précédents, donne des chiffres trop faibles relativement à ceux donnés pour 1848. Il ne comprend pas les bouchers, les boulangers, les traiteurs, les marchands de vin, les couturières et une foule d'autres spécialités jugées étrangères à l'industrie manufacturière.

DÉSIGNATION DES GROUPES.	NOMBRE des établissements.	LOYERS.	OUVRIERS.			VALEUR. Chiffre d'affaire.
			Hommes.	Femmes.	Enfants.	
						fr.
1. Industrie textile	2,740	3,028,047	9,798	17,869	1,320	130,442,983
2. Industrie extractive	12	29,285	238	»	»	895,213
3. Industrie métallurgique	165	463,585	4,265	24	97	30,423,190
4. Fabrication d'objets en métal	2,733	3,704,516	23,270	1,022	169	149,424,705
5. Industrie du cuir	496	715,375	5,234	466	66	77,752,845
6. Industrie du bois	1,261	1,397,748	4,107	763	17	84,726,204
7. Industrie céramique	306	394,535	1,394	104	239	8,842,400
8. Produits chimiques	929	1,787,387	4,944	1,993	479	96,870,770
9. Industrie du bâtiment	78	176,910	1,779	10	65	9,233,000
10. Industrie de l'éclairage	188	264,590	4,052	315	29	39,417,400
11. Industrie de l'ameublement	2,742	2,345,571	14,100	1,142	1,558	75,273,048
12. Industrie de l'habillement et toilette	3,145	3,932,948	18,774	19,782	298	156,820,791
13. Industrie de l'alimentation	648	1,979,272	4,500	1,063	»	168,738,441
14. Industrie des transports	1,533	2,551,867	14,398	1,742	95	88,402,195
15. Industrie relative aux sciences, lettres et arts	2,724	3,658,188	20,652	4,101	654	136,552,388
16. Industrie de luxe et plaisir	2,709	2,847,607	12,564	3,804	107	167,932,315
Totaux	22,409	29,277,431	144,069	54,200	5,193	1,421,747,888

En résumé, Paris contenait, en 1860, 22,409 établissements faisant un chiffre d'affaires de 1,422 millions à l'aide de 203,462 ouvriers et de 8,216 chevaux-vapeur.

En y réunissant les affaires des maçons, bouchers, boulangers, etc., le chiffre devrait être augmenté de 4 ou 500 millions et de plus de cent mille ouvriers.

En y comprenant les établissements de l'État, le chiffre de la production du département de la Seine tout entier est de 1,989,698,733 francs.

INDUSTRIE LYONNAISE.

L'industrie lyonnaise peut être portée à 500 millions de francs, dont 400 pour les soieries employant 19,000 tisseurs (hommes) et 20,000 tisseuses (femmes).

ÉTABLISSEMENTS DE L'ÉTAT.

La fabrication des tabacs et celle des monnaies portent sur des chiffres très-considérables, mais modifient peu la valeur des matières premières en réalité, au moins quand on ne tient pas compte de l'impôt, qui, pour le tabac, élève la valeur de 49 millions à 291.

La valeur des produits fabriqués est de 704 millions, en employant 389 millions et demi de matières premières. Nombre d'ouvriers 31,529; chevaux-vapeur par machine à vapeur 2,313; 1,789 par roues hydrauliques.

RÉSUMÉ.

On doit donc évaluer, pour 1860-1865, ainsi qu'il suit, les forces de l'industrie manufacturière de la France:

Nombre des établissements	125,000
Nombre des ouvriers	1,800,000
Importance des affaires	10,000,000,000
Moteurs ou chevaux-vapeur	502,000

Des conditions de production. L'administration, en publiant les nombres fournis par l'enquête, a publié quelques renseignements généraux accusés par les bulletins fournis par les fabricants. Le plus curieux est le suivant. On peut admettre que, pour une valeur de 100 francs, le prix de revient moyen, dans l'ensemble de la fabrication française, se divise ainsi qu'il suit:

3 francs pour l'intérêt du capital immobilisé (immeubles et machines); 15 francs pour la main-d'œuvre; 55 francs pour l'achat des matières premières;

7 francs pour le combustible; 20 francs pour les frais d'administration, les impôts, les assurances, etc., etc.

STÉRÉOTYPIE. La stéréotypie est une opération qui permet d'obtenir en un seul bloc de fonte une page semblable à une page composée en caractères mobiles, de telle sorte qu'on puisse mettre celui-ci en magasin et faire un nouveau tirage quand il est nécessaire sans nouveaux frais de composition. Ces frais qui forment une partie très-notable de l'impression, surtout depuis que l'emploi de la presse mécanique a diminué les prix du tirage, se trouvant répartis sur un nombre d'exemplaires considérable, on peut livrer ceux-ci à très-bas prix. Il faut encore pour le succès du procédé que les frais du stéréotypage soient peu considérables pour qu'il y ait économie, et sous ce rapport le procédé actuellement en usage laisse peu à désirer.

Depuis l'origine de l'imprimerie on a souvent trouvé avantageux de garder certains ouvrages tout composés; ce sont surtout ceux qui demandent une très-grande correction, à laquelle on ne peut arriver qu'en corrigeant successivement les fautes qu'on découvre sur une même composition, et non en en faisant une nouvelle dans laquelle passeraient de nouvelles fautes; mais on trouvait un obstacle dans le maniement de toutes ces pages, et il était à craindre qu'à chaque tirage quelque accident ne forçât toujours à en recomposer un certain nombre, d'où introduction de nouvelles fautes.

Firmin Didot, voulant exécuter les tables de logarithmes de Callet et arriver à une grande correction, conçut l'idée de souder les pages par le pied, de manière à en faire un tout. Il réussit fort bien dans cette opération, dont l'exécution ne laissait pas que d'être assez délicate, et put conserver ainsi l'ouvrage composé sans être exposé à recomposer quelques pages à chaque tirage. La correction de cette édition est parfaite, ce qui est bien précieux pour un ouvrage de ce genre.

Il n'est pas besoin de dire qu'on ne pourrait songer à l'emploi d'un pareil moyen dans le but unique d'éviter les frais de composition. La fabrication des caractères d'imprimerie exige trop de précision pour qu'on

puisse espérer arriver jamais à les livrer à assez bas prix, pour que le capital qui se trouve ainsi détruit ne rende pas une pareille spéculation fort douteuse dans la plupart des cas.

Aussi n'est-ce pas à ce procédé qu'on s'est arrêté pour la production de pages fixes. M. Didot en sentit l'inconvénient et proposa un autre procédé. Il consistait, comme tous ceux dont nous allons parler, à prendre une contre-épreuve de la composition mobile, pour pouvoir employer ensuite celle-ci à produire d'autres pages. Les caractères qui servaient à faire la composition étaient moins hauts que les caractères ordinaires et fondus en alliage très dur. Cet alliage se faisait en ajoutant du cuivre à l'alliage ordinaire composé de plomb antimoine et étain, pour en augmenter la résistance. La fonte de ces caractères offrait quelques difficultés, parce que l'alliage moins liquide devait se travailler à une température plus élevée, et prenait plus difficilement l'empreinte. La page étant composée, on l'enfermait dans une boîte d'acier, où elle se trouvait serrée dans tous les sens par des vis de pression. Cette boîte se montait au-dessous d'un balancier à vis, analogue à celui qui sert à frapper les pièces de monnaie; au-dessous on mettait une plaque de plomb doux, dont la surface était bien dressée; puis d'un coup de balancier on imprimait la page dans la plaque, et on frappait une matrice de page.

La matrice ainsi obtenue s'ajustait dans un mandrin qui se montait à la partie inférieure d'un mouton. On mettait du métal à caractères dans un tiroir en carton, et quand celui-ci commençait à se refroidir, approchait de l'état pâteux, alors, en faisant tomber le mouton, le métal se moulait parfaitement dans la matrice. Il y a ici peu de danger de fondre la matrice, le plomb étant moins fusible que l'alliage. On retirait avec un canif le cliché; puis on le dressait comme on fait par les procédés actuellement en usage. Nous en parlerons plus loin.

On ne pouvait guère employer ce procédé que pour de petits formats, à cause de la difficulté de faire tomber les pages bien d'aplomb sur la matrice, ce qui était un inconvénient notable. Un autre inconvénient était que les lettres pouvaient se refouler quand elles n'étaient pas assez dures, ce qui pouvait arriver si l'ouvrier avait laissé passer trop de temps sans recharger son creuset, le cuivre et l'antimoine montant toujours à la surface du bain métallique et se brûlant rapidement. Enfin la dépense était assez considérable, surtout par l'obligation d'avoir des caractères spéciaux pour le stéréotypage, tandis que par le procédé actuel on emploie tous ceux qui se trouvent dans les imprimeries.

Ce procédé était, on le voit, assez voisin de celui que nous avons décrit à l'article POLYTYPIE.

Procédé Herhan. Le procédé Herhan est extrêmement ingénieux; il supprime la fonte des caractères comme une opération superflue, quand le produit à obtenir est une planche stéréotype. Ce sont les matrices elles-mêmes, qui peuvent être produites en grand nombre par le même poinçon, qui servent à composer la page matrice, et au moyen de celle-ci il suffit d'une seule opération de clichage pour avoir la page stéréotype. Ce procédé paraît donc d'une simplicité extrême et doit donner une netteté parfaite à l'œil de la lettre, puisque, opérant avec des matrices en cuivre, on peut clicher à une haute température, et qu'on n'a que la seconde contre-épreuve du poinçon au lieu d'avoir la quatrième; mais malheureusement il est tout à fait défectueux en ce que pour chaque matrice il faut faire un travail très difficile, puisqu'il faut la justifier de hauteur pour l'œil, de hauteur totale et d'approche, de force de corps. On était bien parvenu, en justifiant le poinçon et en frappant la matrice au moyen d'un balancier dans lequel il était ajusté, à diminuer ce travail, mais il y avait toujours à retoucher. Or on comprend combien devaient coûter, à cause de la précision qui était nécessaire, 20.000 matrices seulement, et c'est bien le moins qu'on puisse supposer, pour composer un ouvrage; et encore en perdant beaucoup de temps puisque les lettres devraient être distribuées presqu'aussitôt qu'on aurait fini de composer. Si l'on ajoute à cela la difficulté que présente la composition de ces matrices, l'impossibilité des corrections qui résulte de ce qu'on ne peut tirer d'épreuves, on comprendra facilement les causes de l'insuccès d'un ingénieux procédé, pour lequel on a infructueusement dépensé des sommes considérables.

En général, tous les procédés qui exigent pour leur emploi des dépenses spéciales ne peuvent pas avoir de succès, ainsi dans le cas qui nous occupe une entreprise qui réussit avec un caractère donné ne peut réussir avec une autre, sans pourtant pouvoir payer les frais nécessaires pour le stéréotypage. C'est précisément là le grand avantage des procédés employés actuellement, où le moule est fait directement sur les caractères qui se trouvent chez l'imprimeur, et avec lesquels le cliché est produit à peu de frais.

Stéréotypie au moyen du plâtre. La page de l'ouvrage qu'on veut stéréotyper étant composée en caractères mobiles ordinaires, et les corrections faites, on la serre fortement dans un châssis en fer au moyen de biseaux et de coins, de manière qu'une lettre ne puisse pas s'enlever; après avoir placé la page sur un marbre et enfoncé avec un taquoir les lettres qui peuvent se trouver trop hautes. Cela fait, on pose sur le châssis un petit cadre d'un demi-pouce environ plus large que la page, qui va en s'évasant vers le haut. Un premier enduit d'un corps gras est passé sur la lettre pour éviter toute adhérence, puis faisant une bouillie très claire de plâtre de Paris bien cuit, broyé et passé au tamis de soie très fin, on l'applique avec un pinceau et avec une brosse dure et fine; on frappe sur la page pour chasser l'air et faire pénétrer le plâtre dans tous les creux, puis faisant une bouillie épaisse on remplit le châssis, et on fait sortir l'excédant en promenant une règle à sa surface. Quand le plâtre est pris on enlève verticalement le châssis, qui à cause de son biseau entraîne le moule en plâtre.

Quand ce moule a séché à l'air pendant quelques heures, on le sèche dans un four fortement chauffé pendant plusieurs heures; on peut alors fondre le cliché. Pour cela on a des cuvettes de fonte garnies d'un couvercle qui entre dedans; on place entre les deux une plaque de fonte dressée à l'épaisseur convenable, pour que celle-ci étant contre le couvercle, l'espace vide soit égal à la hauteur qu'on veut donner au cliché, plus celle du moule au plâtre.

On place le moule au fond de cette cuvette, l'œil vers le fond. Il paraît plus naturel de le placer inversement, mais alors il faudrait le fixer au fond, parce que le métal le soulèverait, ce qui ne serait pas aisé, et l'expérience a prouvé qu'on réussissait bien en le retournant. Cela fait, on saisit la cuvette par les deux bords au moyen d'une pince fixée au bout d'une potence tournante, on l'amène au-dessus d'un bain de métal dans lequel on la fait descendre. Le métal entre par deux ouvertures, soulevant alors la cuvette on vient la placer sur le rafraîchissoir, qui est une auge remplie de sable mouillé. Le refroidissement commence ainsi par la partie inférieure. On place alors sur le couvercle un poids de 10 à 15 kilos, qui chasse l'excédant de métal et donne une pression qui force la matière d'entrer dans les creux. Le cliché est alors fait, et il n'y a plus qu'à casser le moule en plâtre et à nettoyer la surface du cliché. Ce qui est bien remarquable, c'est que le plâtre remplit admirablement toutes les conditions désirées; il se laisse mouiller par le métal, ce que ne ferait pas l'argile, par exemple, et par conséquent celui-ci entre dans les déliés les plus fins. De plus, sur les

surfaces brillantes le plâtre prend un certain poli, et la surface de l'œil du cliché est brillante et ne présente pas de grenu.

Le cliché étant fait, il faut encore lui faire subir quelques préparations. Elles consistent principalement à le dresser d'épaisseur, ce qui se fait au moyen d'un tour muni d'un mandrin à vis et mâchoires sur lequel on monte le cliché, l'œil de la lettre contre le plateau ; il est dressé à l'aide d'un burin fixé sur un support à chariot ; à tailler en biseau les bords, ce qu'on fait au moyen d'un rabot à fer oblique; à creuser un peu au ciseau les blancs formés par les cadrats hauts, qui pourraient maculer au tirage. Enfin il faut remplacer les lettres défectueuses ; pour cela, on chasse avec un ciseau de dimensions convenables la lettre manquée, on perce le cliché, puis on introduit une lettre mobile, qu'on ajuste d'approche et de ligne; puis on la soude au pied avec de l'étain et un fer à souder, et on polit à la lime l'excédant de soudure. Le cliché est alors bon à imprimer.

On ne laisse aux clichés que peu d'épaisseur, afin de diminuer le poids de la fonte qui doit rester inactive; au moyen de supports auxquels on les adapte par de petites griffes qui tiennent par le serrage de la forme, on leur rend la hauteur des caractères mobiles, quand on met sous presse.

Le métal des clichés est composé, en général, de 15 p. 100 d'antimoine et 85 p. 100 de plomb. On ne peut les rendre très durs, parce que les clichés ayant peu d'épaisseur seraient trop sujets à se casser sous l'effort de la presse, pour peu qu'ils fussent faussés. Ce qui est remarquable, et ce qui prouve bien les effets de trempe qu'éprouve la lettre dans le moule du fondeur, c'est que fait avec la même matière, un cliché s'écrasera beaucoup plus vite qu'un caractère.

L'emploi du procédé de stéréotypie en plâtre a été tenté pour la reproduction des gravures en relief qui servent pour l'impression des toiles peintes, mais des difficultés assez grandes ont empêché ce procédé, que nous croyons usité dans quelques fabriques, de prendre un grand développement, et lui ont fait préférer, dans ce cas particulier, le procédé de *polytypie* avec matrices de bois, que nous avons indiqué à l'article IMPRESSION SUR ÉTOFFES. Ces gravures étant nécessairement très droites, afin de fournir des impressions de quelque netteté avec des couleurs coulantes comme celles qu'on emploie, le moule en plâtre se retire mal ; mais l'inconvénient majeur résulte de la difficulté d'avoir des pièces identiques. Le retrait du moule varie beaucoup avec la quantité d'eau avec laquelle on a gâché le plâtre, avec le degré de chaleur qu'il a éprouvé dans le four. De semblables retraits empêchent de former une planche par la multiplication d'un dessin élémentaire, ou ne permettent de le faire que très imparfaitement, même avec une grande habileté pratique.

Le stéréotypage au plâtre n'est pas le seul procédé employé pour la typographie, un autre système, dit *au papier*, donne des résultats moins parfaits, mais qui suffisent dans beaucoup de cas, quand le travail est bien exécuté. Il offre l'avantage de pouvoir être obtenu à l'aide d'appareils d'une grande simplicité.

Clichage au papier. Ce genre de clichage plus rapide, plus économique que celui au plâtre, n'exigeant pas l'emploi de l'huile pour graisser les caractères, ce qui rend leur emploi ultérieur plus difficile, s'est substitué généralement à celui-ci pour la fabrication des livres.

Mais c'est surtout pour l'exécution des journaux tirant à un nombre considérable d'exemplaires, qu'il a fourni le point de départ d'une véritable révolution, en donnant le moyen de multiplier en très-peu de temps le nombre des compositions, ce qui permet d'imprimer aussi rapidement qu'on le désire une quantité immense de feuilles. Une presse avec une seule composition ne suffisant pas, c'est sur deux, trois, quatre, cinq presses, et plus, que peut s'opérer simultanément le tirage.

Décrivons le mode d'opérer, et d'abord la fabrication du creux, du moule dans lequel on coule le métal. Les empreintes sont prises au moyen de feuilles de papier superposées, entre chacune desquelles on étale avec un pinceau une sorte de pâte souple faite de blanc d'Espagne et de colle de pâte ou de peau. Ces sortes de cartons mous et légèrement humides sont nommés *flans*.

Ces *flans* une fois posés sur la composition mobile, le mouleur, à l'aide d'une brosse de crins résistants, frappe à coups redoublés en partant du milieu pour arriver vers les bords, et fait ainsi pénétrer ces cartons mous dans les moindres creux formés par les reliefs des caractères. Quelques personnes, pour obtenir le même résultat, font passer ces *flans* appliqués sur la composition sous un cylindre dont la pression remplace plus ou moins avantageusement, selon la grandeur des vides, la brosse dont nous venons de parler. Ce dernier procédé permet de gagner deux ou trois minutes, et c'est beaucoup; mais il ne peut être utilement employé que lorsque la composition serrée ne laisse pas de trop larges profondeurs dans lesquelles la pression du cylindre peut difficilement faire pénétrer le carton qui sert de moule. Il est considéré comme moins sûr que celui de la brosse, lorsque l'ouvrier mouleur est habile et soigneux.

Une fois ces flans moulés, soit par la brosse, soit par le cylindre, sur tous les vides des caractères mobiles, on place le tout sur une plaque de fer chauffée à une température élevée ce qui fait évaporer l'eau encore contenue dans cette empreinte humide. Le clicheur veille avec attention à ce que sa plaque n'ait pas une chaleur suffisante pour faire fondre le métal du caractère, qu'il ne s'affaisse pas par le pied sous la pression qu'on exerce quelquefois sur le flan pour le maintenir contre tout déplacement, à l'aide d'une plaque serrée par une vis.

Lorsque le séchage du moule de carton est terminé il est placé dans un moule à charnière en fer, représentant dans ses proportions la page que l'on veut obtenir, où il est maintenu par un châssis qui l'encadre, d'épaisseur telle que le vide représente l'épaisseur assez faible des clichés pour les livres, et pour les journaux, à un millimètre près en comptant celle du moule de carton, la hauteur des caractères d'imprimerie. C'est ce vide que le métal, plomb et régule d'antimoine, qui va former le cliché, va remplir. Dans le dernier cas, des noyaux fixés sur la face extérieure du moule diminuent le poids du cliché.

Le métal en fusion contenu dans une vaste cuiller en fer est apporté et versé tout d'un trait dans le moule qui contient la matrice de carton. On laisse le métal se figer, on y aide par des aspersions d'eau froide faites sur l'extérieur du moule, puis enfin on ouvre ce moule et on en retire et le cliché et le flan. Si le métal, trop chaud, adhère au carton, si le flan a été carbonisé trop fortement en quelques points, toute l'opération est à recommencer. Le clicheur cherche, avec les plus grandes précautions, à détacher le moule. Si le moule vient aisément sans se déchirer, si l'œil est bien pur, l'opération a réussi et le flan peut encore servir. Veut-on obtenir six, huit, dix clichés semblables, il suffit de remettre le flan dans le moule et d'y verser autant de fois du métal.

Au sortir de ce coulage, le cliché n'est pas encore tout à fait prêt. Il faut encore, à l'aide de scies, de rabots, de ciseaux, mettre ses bords d'équerre, et enlever les parties trop saillantes qui maculeraient le papier.

On est parvenu à effectuer tout ce travail, pour les journaux, avec une bien grande rapidité. Vingt-cinq minutes environ suffisent pour la production du pre

mier cliché. Et pourtant, au gré des journaux, il faudrait encore gagner quelques instants, afin que l'insertion des dernières nouvelles puisse en profiter. Aussi le *Times*, en Angleterre, a proposé une récompense assez forte à qui trouverait un moyen abréviatif faisant gagner cinq minutes.

Les grands avantages qu'offre le clichage au papier ne sont pas contestables. On doit citer parmi ceux-ci la possibilité notamment, de faire des clichés formés de parties de cylindre, au moyen de châssis et de moules cylindriques, et par suite de réaliser des presses mécaniques continues, simples de construction et extrêmement rapides. Son défaut est que la perfection du moulage n'est pas certaine, qu'elle dépend toujours du soin de l'ouvrier et non d'une propriété physique des corps en quelque sorte, comme le moulage en plâtre. De plus, les arêtes ne sont jamais bien vives, aussi ne peut-il servir pour la reproduction des gravures sur bois.

Clichage à l'aide du bois debout. A l'article IMPRESSION SUR ÉTOFFES, nous avons fait apprécier les grands avantages de l'introduction des clichés pour multiplier les sujets qui se répètent dans un dessin et pour obtenir une production rapide et économique, en remplaçant les petites planches par des planches de grande étendue pouvant se monter sur des perrotines ou machines analogues ; nous avons parlé de certaines gravures que l'on obtenait en partant d'un creux obtenu dans le bois de tilleul debout, et par suite dans un sens où l'élasticité des fibres se prête à la sortie du cliché fondu dans les creux pratiqués dans le bois.

Nous décrirons ici un curieux procédé de gravure de ce genre obtenu à l'aide de la chaleur facilement maniée de la flamme d'un bec de gaz, pour exécuter ces matrices en bois debout, qui permettent d'obtenir de très-élégants produits, avec une dépense relativement minime.

On a d'abord imaginé d'exécuter les matrices en bois debout, par le refoulement des fibres à l'aide d'une série d'outils enfoncés à la main, chacun d'eux représentant un détail de dessin à reproduire. Si ce mode permet de reproduire un plus grand nombre de planches, avec une somme moindre d'adresse personnelle que s'il fallait les graver directement, puisque l'habileté du graveur est concentrée sur la production des outils partiels, le succès du travail est assez douteux et la durée d'exécution reste encore considérable. On comprend que les matrices ainsi obtenues servent de moules pour la production d'un cliché en métal.

L'art de la gravure des planches d'impression des tissus était arrivé à ce point, lorsque, vers 1849, M. Schultz, dessinateur à Paris, importa en France l'idée, d'origine anglaise, de la machine dont nous allons donner une description. L'appareil fut construit à Paris, et fonctionna à Puteaux chez MM. Bernoville, Larsonnier et Chesnet. On doit croire que les essais furent peu heureux, ou tout au moins que la machine construite sur les indications de M. Schultz était bien imparfaite, car le procédé de gravure qu'elle réalise ne fut pas apprécié à Mulhouse dans les quelques ateliers où on tenta de l'introduire.

MM. Heilman frères ont repris les essais qui jusqu'alors avaient été infructueux, et c'est à leur constante persévérance, à leur étude approfondie du procédé, qu'on doit la réalisation d'un système dont les résultats sont extrêmement remarquables. Voici en quoi il consiste :

Une *mortaiseuse à pédale* donne le mouvement à un outil tranchant de forme quelconque, mais répondant à un détail du dessin voulu. Les dimensions de cette mortaiseuse sont plus réduites encore que celles de la plus petite des machines analogues usitées dans les ateliers de construction; cependant les dispositions essentielles sont les mêmes. Un tube à deux branches lance constamment deux jets de gaz convergents dans la direction de l'outil qui, sous l'action de la flamme, s'échauffe rapidement pendant sa marche. Le bois dessiné qu'il s'agit de graver en creux est conduit à la main et reçoit l'action de l'outil. Échauffé à une température déterminée, celui-ci pénètre le bois à une profondeur constante en le brûlant, et produit ainsi un creux dont les contours ont une netteté et une régularité remarquables. On arrive, de la sorte, à produire, en deux ou trois jours au plus, une planche ou une matrice qui exigeait souvent un mois dans le système du bois avec cuivre implantés en relief, et une semaine au moins avec la méthode de gravure en creux par compression du bois. (Voir le dessin ci-après.)

Le bois soumis au travail de la mortaiseuse doit être préparé d'une façon spéciale, dans le but d'empêcher les fendillements sous l'action de l'outil brûleur et de la flamme du gaz. On prend ordinairement du tilleul de choix, et la préparation consiste dans une mise au four conduite avec les plus grands soins.

Les matrices obtenues à la mortaiseuse servent à la production de clichés qu'on obtient en coulant dans cette matrice en bois un métal dont voici la composition :

Plomb.	1/3
Bismuth	1/3
Zinc	1/3
Antimoine	1/20 du tout.

Cet alliage, qui doit au zinc et à l'antimoine une dureté très-convenable, donne des empreintes d'une grande finesse.

Le bois brûlé en creux est recouvert et comprimé par un bois dressé, muni d'une série de rainures, lesquelles sont destinées à distribuer le métal liquide et communiquent avec un orifice ou jet principal qui reçoit l'alliage en fusion.

Les clichés ainsi obtenus, après avoir été assemblés et fixés sur un bois pour former la planche d'impression, doivent être soumis à un dernier travail qui est le rabotage. Pour cela, on verse sur la planche de la colophane en fusion qui remplit toutes les parties creuses du cliché d'assemblage. Ainsi garnie, la planche est soumise à l'action d'une machine à raboter.

La colophane ayant été dissoute ensuite par l'essence de térébenthine, la planche est prête à fonctionner ; elle exige à peine une révision et un travail de grattoir vertical à la main pour faire disparaître quelques imperfections de détail.

Clichés de musique. On a appliqué avec quelque succès le procédé qui vient d'être décrit à la production des clichés pour l'impression de la musique. On lui a donné le nom de pyrostérotypie. Je reproduirai ici une partie de l'intéressante notice publiée par l'imprimerie impériale, qui a présenté cette invention à l'Exposition de 1862, et la figure de l'outil à gaz qui sert pour effectuer le travail.

La recherche des procédés usuels pour l'impression de la musique sur la presse typographique a été l'objet des tentatives les plus suivies, des essais les plus laborieux de tous les imprimeurs éminents qui se sont succédé depuis le commencement du seizième siècle jusqu'à nos jours.

Dans un ouvrage de Nicolas Wollick, imprimé à Cologne en 1504, on remarque déjà des morceaux de plain-chant imprimés en caractères mobiles. En l'année 1503, Ottavio Petrucci en Italie, Pierre le Hutin en 1525, Jacques de Sanlecque et Guillaume Le Bé, de 1537 à 1545, en France, portent l'art de graver et d'imprimer la musique au plus haut degré de perfection qu'il fût alors possible d'atteindre. En 1552, Adrien Leroy et Robert Ballard obtiennent du roi Henri II un privilége exclusif pour l'impression de la musique; mais, sous l'empire du privilége, cette industrie de-

meure stationnaire, et ce n'est que deux siècles plus tard, en 1754, que Breitkopf, à Berlin, reprend avec avantage les essais de ses devanciers, et fait faire à l'impression de la musique en caractères mobiles un nouveau et remarquable progrès. Il est bientôt suivi, dans cette voie, par Cooper de Londres, Reinhardt de Strasbourg, et, à Paris, par les frères Gando, par Fournier et plus récemment par deux associés, Olivier et Godefroid. Enfin, de nos jours, MM. Duverger, Tantenstein, Curmer et Derriey ont cherché également, avec plus ou moins de succès, à résoudre le problème, depuis si longtemps posé, de remplacer avec économie, pour l'impression de la musique, les planches de métal gravées ou frappées, dont l'usage a prévalu jusqu'à présent.

Nous avons traité, à l'article FONDERIE EN CARACTÈRES, de la plupart des procédés, souvent insuffisants, mais toujours ingénieux, de cette longue série d'inventeurs. Nous nous bornerons à rappeler que si les premiers inventeurs n'avaient pu, en composant les notes comme des caractères typographiques, éviter de nombreuses interruptions aux points de jonction de leurs portées, le but a été atteint, sous le rapport de la belle exécution, sinon sous celui de l'économie, par MM. Duverger et Curmer (en faisant une matrice, semblable à celle que M. Duverger faisait dans le plâtre, dans la pâte de papier, où se produisent malheureusement des entraînements qui exigent des retouches), et cela parce qu'ils ont, l'un et l'autre, renoncé à l'emploi exclusif des caractères mobiles, et fait intervenir la stéréotypie.

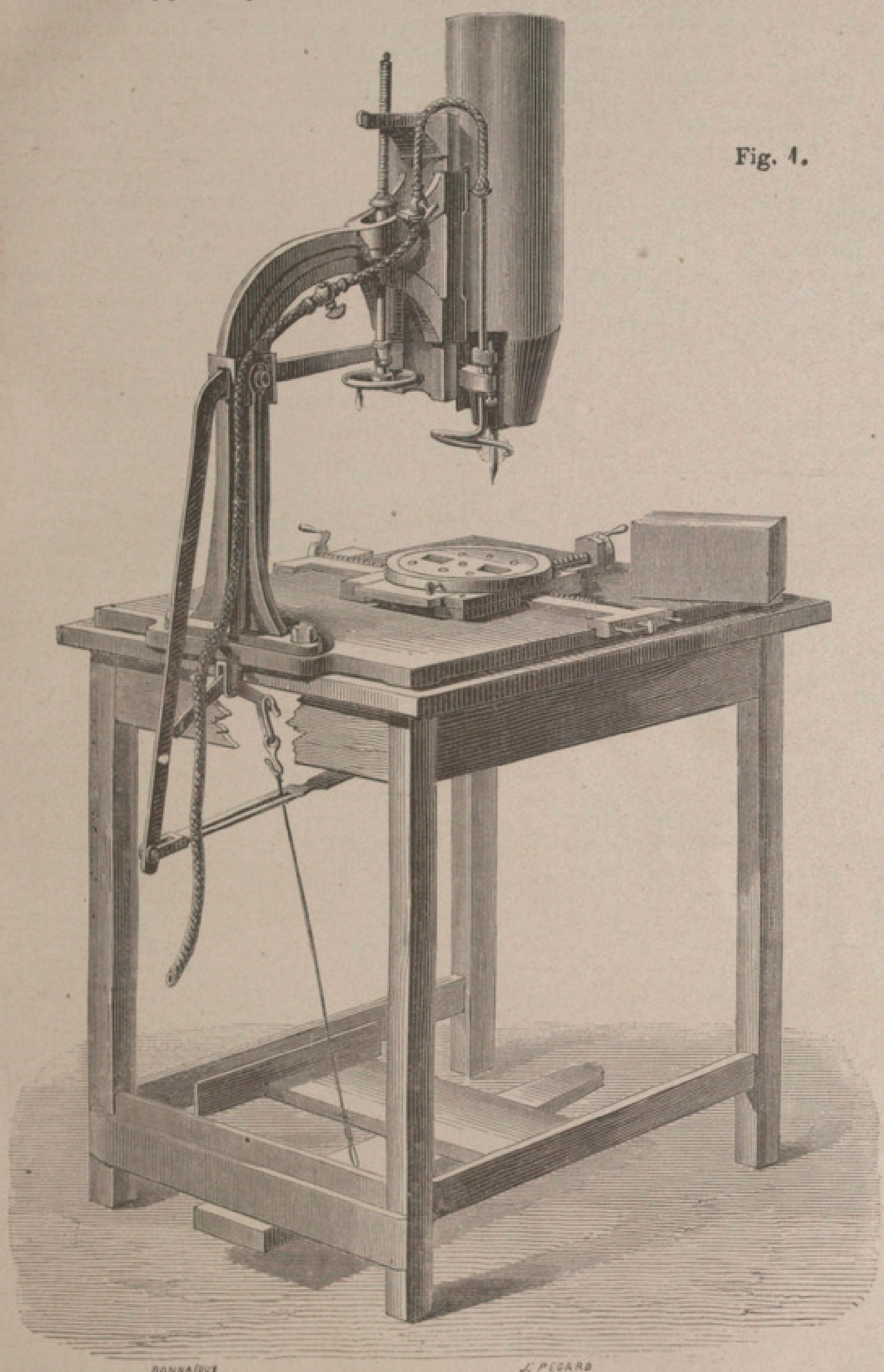


Fig. 1.

Les procédés de la pyrostéréotypie sont d'une simplicité extrême. Ils ont une grande analogie avec ceux employés pour la frappe des notes sur les planches d'étain, telle qu'on la pratique aujourd'hui; ils peuvent, comme cette dernière, être exécutés par des femmes.

Un bloc de bois de tilleul, convenablement dressé, remplace la planche de métal. Sur celui-là, comme sur celle-ci, on trace à l'avance la place et l'écartement des portées, la division des mesures, la répartition des notes.

Dans cet état, le bloc est placé sur la machine à brûler, munie successivement des différents poinçons d'acier représentant les signes, les clefs ou les notes, qui, chauffés par un double jet de gaz d'éclairage, sont enfoncés dans le bloc autant de fois qu'ils doivent figurer dans la page; ils y pénètrent à une profondeur déterminée et y laissent une empreinte nette et uniforme. (Voir la figure 1.)

Le moule est presque achevé. Il se complète par l'addition de bandes de carte d'une épaisseur égale à celle qu'on veut donner à la planche, et qu'on rapporte sur les bords; on le ferme enfin à l'aide d'une plaque de fonte bien dressée, puis on l'ajuste entre les jumelles d'une petite presse montée à charnière sur une cuve remplie d'eau.

Cette disposition de la presse permet de faire prendre au moule, soit la position horizontale pour l'ajustement des pièces, soit la position verticale pour le coulage de la matière en fusion, qui s'effectue en la forme ordi-

naire par l'orifice ménagé à cet effet. L'eau contenue dans la cuve sert à activer le refroidissement du moule.

L'application à la typographie des procédés qu'on vient de décrire semble appelée à rendre de nouveaux services, non-seulement pour l'impression de la musique, mais encore pour celle de toutes les figures au trait, à lignes courbes ou diagonales, si difficiles à exécuter avec les matériaux ordinaires dont l'imprimerie dispose, ou si coûteux à graver.

Un matériel fort simple, peu encombrant, peut suffire à une exploitation régulière et largement développée.

Les produits fabriqués par ces procédés sont bons et paraissent devoir être fabriqués à des prix modérés, surtout si on ajoute au chariot porte-outil, des limbes divisés, placés sur la tête des vis qui font mouvoir le chariot à angle droit, de telle sorte que le poinçon ayant été placé exactement une première fois, on puisse à coup sûr l'enfoncer sur une portée quelconque ou entre portées, en faisant tourner la vis d'un angle mesuré par un certain nombre de fois la division portée sur le limbe pour l'écart d'une portée.

Il est au reste bien remarquable de voir que, finalement, les procédés qui peuvent permettre de remplacer par des clichés en relief la planche gravée en creux se rapprochent tout à fait de ceux employés pour la gravure de celle-ci. C'est un creux gravé absolument comme elle, plus profondément seulement, qui devient la matrice dans laquelle se moule le cliché, et la similitude des procédés doit faire que le prix de revient soit assez peu différent L'avantage de pouvoir mélanger cette musique avec la typographie et le bas prix de l'impression d'un relief doivent assurer le succès de ce procédé.

STOPPEURS. Pour mouiller avec les câbles en chaînes, on se dispense de prendre une bitture sur le pont, comme on le faisait avec les câbles en chanvre ; on les laisse filer à l'extérieur sous l'action de leur poids, en les arrêtant lorsque l'on juge qu'il s'en est écoulé une longueur suffisante ; on mesure facilement cette longueur en comptant le nombre des maillons de jonction qui ont passé devant un point fixe. Pour stopper, on fait subir à la chaîne un frottement très-énergique sur les parois du manchon en fonte placé à son passage à travers le pont ; on se sert à cet effet d'un appareil spécial, nommé l'*étrangloir à lunette*, composé d'un verrou en fer forgé *ab* (fig. 1) appliqué contre la face inférieure du massif du manchon et percé d'une ouverture circulaire ; un levier *cd* permet à volonté de faire coïncider les ouvertures du verrou et du manchon, ou de réduire de plus en plus le passage de la chaîne ;

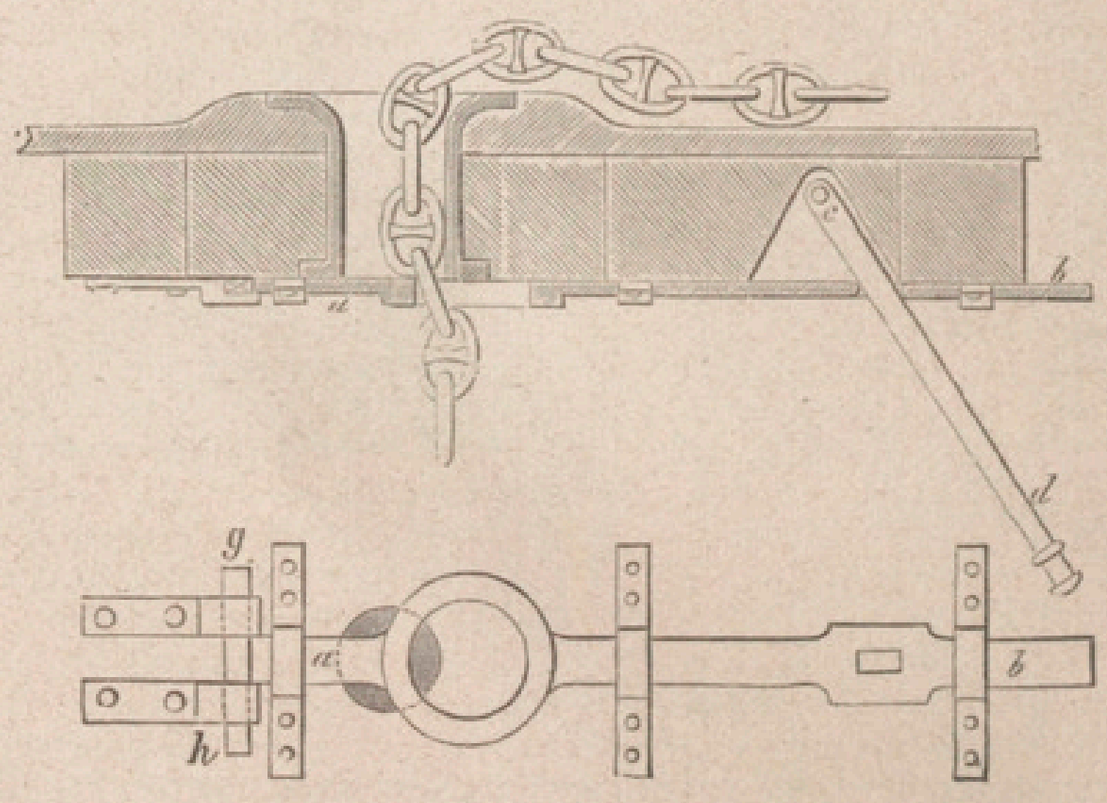


Fig. 1.

le levier étant manœuvré dans le faux-pont par un petit palan, la lunette exerce une pression assez considérable sur la chaîne, et les frottements qui en résultent absorbent peu à peu les forces vives qui l'animent, jusqu'à ce que s'engageant définitivement entre deux maillons consécutifs, elle la rende tout à fait immobile, sans qu'il en résulte de secousse violente, comme il s'en produirait si la chaîne était arrêtée brusquement lorsqu'elle est animée de toute sa vitesse.

Au mouillage, l'effort des chaînes s'exerce principalement sur les bittes et sur les bosses du pont ; cependant, lorsque le navire fatigue beaucoup, cet effort peut se faire sentir sur les stoppeurs, que l'on doit compter au nombre des points d'attache de la chaîne ; on aura donc toujours soin de tenir l'étrangloir à lunette fermé, lorsque l'on sera au mouillage, et pour qu'il ne soit pas déplacé accidentellement, on le maintiendra en position à l'aide d'une clavette *gh*. Pour mouiller, on retire la clavette, on ouvre l'étrangloir en agissant sur le levier *cd*, et on laisse filer la chaîne. On a essayé à différentes reprises soit antérieurement, soit ultérieurement à l'invention de l'étrangloir à lunette, de combiner des appareils plus énergiques, et susceptibles d'arrêter la chaîne dans un temps très-court ; mais loin d'en obtenir quelques avantages, il en est toujours résulté des inconvénients, se traduisant soit par la rupture de l'appareil lui-même, soit par des déliaisons fâcheuses dans la charpente du navire. L'étrangloir à lunette est donc le seul employé dans la marine militaire ; toutes ses dimensions sont déterminées en fonction du calibre de la chaîne de la manière suivante :

Manchon.

Diamètre extérieur	7,50
Épaisseur de matière	1,00
Diamètre de la collerette	13,00
Rayon de l'évasement	3,75

Étrangloir à lunette.

Largeur de la lunette	2,00
Épaisseur de la lunette	1,60
Largeur de la tige	2,70
Épaisseur de la tige	1,00
Longueur du levier	34,00
Épaisseur sur le droit ou diamètre	1,40

Lorsque l'on vire au cabestan, nous avons déjà fait observer que si les chaînes ne sont pas convenablement présentées sur la couronne, elles sont exposées à désengrener au passage des manilles de jonction ; cet effet peut encore se produire si la chaîne n'est pas parfaitement régulière, ou si, l'ayant été primitivement, ses dimensions se trouvent altérées par l'usure provenant d'un long service ; si la chaîne désengrenait par l'une ou l'autre de ces causes, elle filerait à l'extérieur, puisque lorsque l'on vire au cabestan l'étrangloir est nécessairement ouvert pour la laisser redescendre dans la cale, et l'ancre retomberait à la mer, ce qui pourrait occasionner de graves embarras ; pour obvier à ce danger, on a jugé convenable de placer, entre le cabestan et l'écubier, un *linguet* agissant directement sur la chaîne, et propre à la retenir dans le cas où elle échapperait de la couronne. De même que pour tous les organes qui se rattachent à la manœuvre des ancres, il a été imaginé un grand nombre de ces linguets, parmi lesquels nous nous bornerons à décrire le linguet à *pied de biche* ou linguet Legoff, que la marine militaire a définitivement adopté. Il consiste en un chemin de fer en fonte, avec cannelure centrale et rebords latéraux (fig. 2) destinés à maintenir les directions des maillons horizontaux et verticaux ; il est placé sur le trajet de la chaîne et

ajusté sur un massif en bois qui l'élève à la hauteur convenable pour qu'elle y bride en appuyant d'une manière sensible; dans le sens de la longueur, ce che-

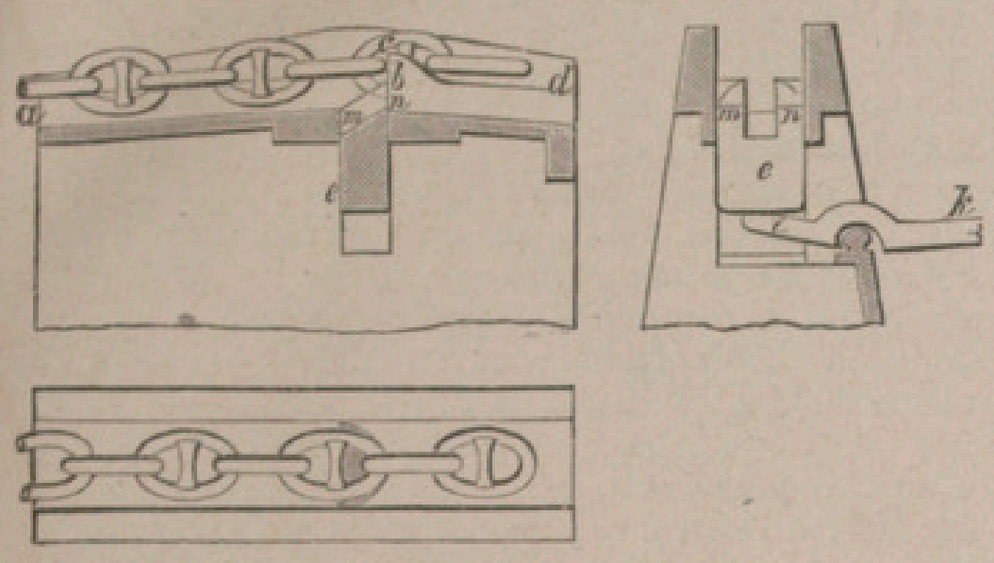


Fig. 2.

min de fer est divisé en deux parties distinctes *ab*, *cd*, présentant un ressaut *bc*, dont la hauteur est égale au moins à l'épaisseur d'un maillon horizontal; une pièce mobile *e*, dont la surface supérieure est taillée en plan incliné *m n*, permet de raccorder à volonté ces deux parties du chemin de fer, de manière que sa surface, bien qu'irrégulière, devienne continue et n'oppose plus aucun obstacle au passage de la chaîne; la pièce mobile *e* présente d'ailleurs le prolongement de la cannelure verticale, et sa forme générale rappelle celle d'un pied de biche; c'est cette circonstance qui a motivé le nom donné à l'appareil. Un levier *i k*, placé sur le côté, sert à manœuvrer le pied de biche: lorsqu'il est soulevé, la chaîne glisse sur le chemin de fer en suivant ses sinuosités; lorsqu'il est abaissé, chaque maillon horizontal vient tomber au ressaut du chemin de fer, et buttant à sa partie avant contre la saillie *bc*, s'oppose à tout mouvement rétrograde de la chaîne. Toutes les fois que l'on vire au cabestan, le pied de biche doit être abaissé; lorsque l'on file de la chaîne il est soulevé, et il convient de le maintenir dans cette position tant que l'étrangloir à lunette est ouvert; une fois la chaîne définitivement stoppée, on peut abaisser le pied de biche, qui constitue alors un arrêt supplémentaire agissant à la manière des bosses. Quelquefois on s'est servi du linguet comme de stoppeur; en l'abaissant lorsque la chaîne file, elle se trouve en effet arrêtée instantanément, même lorsqu'elle est animée des plus grandes vitesses; mais il en résulte alors tous les inconvénients que nous avons signalés à propos de stoppeurs agissant trop brusquement, et le linguet ne doit pas être employé à cet usage auquel il n'est pas destiné.

L'extrémité du câble est fixée au corps du navire par un amarrage particulier, nommé *étalingure*; cet amarrage contribue quelquefois à la tenue du câble, et, dans cette prévision, il convient de consolider soigneusement ses points d'attache; mais pour les câbles-chaînes, la condition la plus importante est que l'étalingure puisse être larguée promptement dans les cas d'appareillage forcé, où l'on est obligé de filer son câble par le bout. A cet effet, on emploie un appareil nommé *étalingure mobile*; il est susceptible de différentes formes. Nous représentons dans la figure ci-jointe (fig. 3) le modèle actuellement en usage dans la marine militaire: l'étalingure mobile est placée en dehors des puits

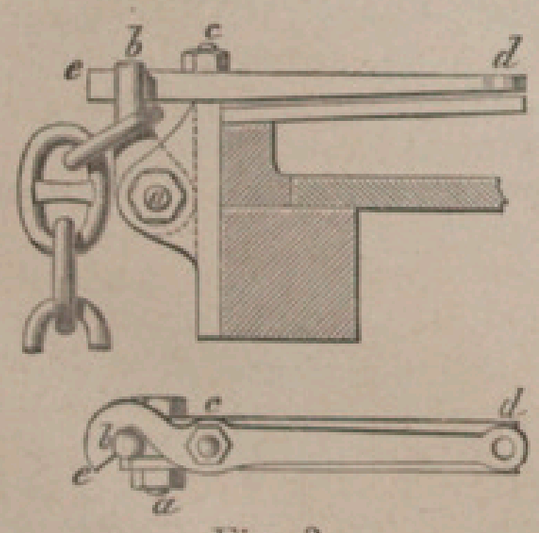


Fig. 3.

aux chaînes, dans quelque endroit toujours parfaitement accessible.

STORAX ou STYRAX. Voyez BAUME.

STORE. Espèce de rideau qu'on descend verticalement, autant qu'on veut, à l'aide d'un appareil mécanique et que l'on place ordinairement aux fenêtres des voitures et des appartements pour se garantir des rayons du soleil. Le store se compose essentiellement d'un cylindre creux en bois traversé intérieurement par un axe en fer; on le dispose horizontalement au haut de la croisée, et le rideau étant enroulé à la surface, on peut le descendre au degré voulu. Un ressort à boudin en gros fil de fer, proportionné au poids du rideau, enveloppe l'axe central en fer, sans frotter ni sur cet axe, ni sur la concavité de l'enveloppe cylindrique en bois; il est fixé par un de ses bouts au bout de l'axe, et par l'autre extrémité à une roue à rochet vissée sur la base du cylindre creux; un cliquet, dont le manche fait saillie au dehors, vient butter contre la roue à rochet. Il résulte de cette disposition que, lorsque le rideau est tiré en bas, le cylindre en bois tourne et le ressort en fil de fer se bande; l'encliquetage retient le cylindre et le ressort ainsi bandé; mais lorsqu'on dégage la roue à rochet, en tirant une corde attachée au manche saillant du cliquet, le ressort qui n'est plus retenu se débande et fait tourner le cylindre pour le ramener, ainsi que le rideau, dans sa situation primitive.

STRASS. Voyez VERRE.

STRONTIANE. Oxyde de strontium rangé dans la classe des terres alcalines et qui a la plus grande analogie avec la baryte par l'ensemble de ses caractères. La strontiane se trouve ordinairement dans la nature à l'état de sulfate; en calcinant ce dernier au rouge, dans des creusets, avec 1/6 de son poids de charbon, on obtient du sulfure de strontium qui, délayé dans l'eau et traité par l'acide hydrochlorique, laisse dégager de l'hydrogène sulfuré et donne du chlorure de strontium que l'on obtient cristallisé en faisant évaporer la dissolution. Ce sel cristallise en aiguilles prismatiques incolores et est très-soluble dans l'eau. Sa dissolution alcoolique brûle avec une flamme pourpre très-brillante. C'est le seul sel de strontium que l'on prépare un peu en grand dans les arts; il est employé dans les feux d'ARTIFICE pour produire une belle flamme pourpre.

STUC. Voyez PLATRE.

STUFFING-BOX. Voyez MACHINE A VAPEUR.

SUBLIMATION. Voyez DOCIMASIE et MÉTALLURGIE.

SUCCIN. Voyez AMBRE JAUNE.

SUCCINIQUE (ACIDE). 1° Cet acide se produit par la distillation sèche de l'ambre jaune. Le produit distillé est formé d'un liquide aqueux et d'un sublimé cristallin imprégné d'une huile. On dissout à chaud la masse sublimée dans le liquide aqueux, on sépare, autant que possible, l'huile à l'aide d'un filtre mouillé, et l'on évapore à cristallisation.

L'acide succinique ainsi obtenu, encore très-impur, est purifié par le chlore gazeux ou au moyen de l'acide nitrique chaud, et soumis finalement à la cristallisation dans l'eau pure.

2° On peut obtenir l'acide succinique par l'oxydation des matières grasses, en épuisant sur celles-ci l'action de l'acide nitrique bouillant, opération très-longue. Le mélange, évaporé à cristallisation, est composé surtout d'acide succinique et d'acide oxalique.

3° Le procédé le plus avantageux pour la préparation de l'acide succinique consiste à mettre le malate de calcium en fermentation avec du fromage pourri. Le dépôt cristallin est un mélange de succinate et de carbonate de chaux, dont on retire l'acide succinique à l'aide de l'acide sulfurique, et des purifications par le noir animal, enfin par sublimation pour faire disparaître les dernières traces de chaux.

SUCRE.

SUCRE (*angl.* Sugar, *all.* Zucker). Jusqu'à ce que les nouvelles théories chimiques aient reçu de l'expérience, des observations et du temps, une consécration nécessaire, on ne peut, sans risquer de se placer à côté de la vérité, admettre une définition du sucre différente de celle qui dérive des expérimentations de Lavoisier. D'après les faits observés par cet homme illustre, le sucre, placé en présence du ferment, de l'eau, de l'air et d'une certaine température, se dédouble en alcool vinique et en acide carbonique, dans les proportions qui représentent à très-peu près le poids total du sucre soumis à cette transformation. C'est donc à ce caractère particulier, à cette transformation en alcool et en acide carbonique, que l'on reconnaît l'espèce chimique à laquelle on a donné le nom de sucre. Les expériences de M. Pasteur ont bien démontré que, dans la fermentation du sucre, il se produit souvent, sinon toujours, quelques produits de nature différente, tels que la glycérine, l'acide succinique, etc. On doit faire observer, à ce sujet, que, tout en admettant l'exactitude matérielle des résultats constatés par M. Pasteur, on ne peut, sans préjuger la question, reconnaître ces productions comme absolues, les causes particulières ne paraissant pas avoir été suffisamment examinées.

Nous appellerons donc du nom de sucre toute matière organique soluble, cristallisable ou colloïde, présentant cette propriété fondamentale de pouvoir fermenter par l'action de la levûre, et se transformer en alcool et acide carbonique, dans les *circonstances normales de la fermentation*.

Cette définition, tout à fait rationnelle, apporte dans l'étude des sucres une délimitation certaine, et elle permet de former un groupe bien défini, qui se sépare nettement des hypothèses et laisse seulement le champ libre aux certitudes dues à l'observation.

Il en résulte qu'il ne faut pas confondre avec les sucres proprement dits, les sucres réels, un certain nombre de substances douées de saveur sucrée, telles que la mannite, la glycyrhizine, etc, lesquelles ne peuvent fournir d'alcool par fermentation directe. De même, on ne saurait ranger parmi les sucres un groupe de matières dont les observations de M. Berthelot ont fait faire une classe très-voisine, sous le nom de glucosides. Sous un certain nombre d'influences et, particulièrement, par l'action de l'ébullition en présence des acides affaiblis, ces substances fournissent un sucre et une matière dérivée, se rapprochant ou s'éloignant plus ou moins de la matière primitive. On peut regarder ces glucosides comme matières productives d'un sucre et d'autre chose, mais, dans l'état normal et primaire, ils ne sont pas des sucres. C'est ainsi que le tannin, par exemple, soumis à une certaine action, produit de l'acide gallique et du sucre glucose, dont il sera question plus loin ; mais, cette transformation ne permet pas, évidemment, de considérer le tannin comme un sucre, puisque, traité directement par fermentation, il ne fournit pas d'alcool et d'acide carbonique dans les conditions indiquées plus haut.

Il existe encore une autre raison, capitale et déterminante, pour grouper dans un cadre plus restreint que celui des néo-théoriciens l'espèce sucre dérivée de la production organique. Cette raison est essentiellement chimique et peut s'appeler une raison de composition. En effet, les sucres actuellement connus sont essentiellement formés de carbone et d'eau, exactement comme la cellulose, la fécule, la gomme et la dextrine, dont ils ne sont que les homologues plus hydratés. En somme, si la cellulose et la fécule insolubles sont représentées à l'état anhydre par 12 équivalents de carbone et 9 équivalents d'eau, leur hydrate étant $C^{12}H^9O^9 + HO$, on trouve par l'observation que la transition normale entre la gomme et la dextrine, qui sont seulement des hydrates de cellulose $C^{12}H^{10}O^{10}$, est représentée par l'adjonction d'une ou de plusieurs molécules d'eau, laquelle s'est opérée sous l'influence des fonctions organiques. Si la gomme ou la dextrine $C^{12}H^9O^9 + HO$, peut être considérée comme le monohydrate de la cellulose, les sucres $C^{12}H^{11}O^{11}$, $C^{12}H^{12}O^{12}$, $C^{12}H^{13}O^{13}$, $C^{12}H^{14}O^{14}$, etc, ne sont autre chose évidemment que des hydrates plus hydratés de la même cellulose. Il paraît clair, pour tous les observateurs impartiaux dont l'esprit se place à l'abri des idées préconçues, de réunir ces hydrates dans un même groupe, et de retrancher de cette série tous les corps dont la composition régulière n'indique pas des hydrates plus ou moins hydratés de la même cellulose. De cette condition chimique, il résulte nécessairement que tous les corps, même fermentescibles alcooliquement, doués même de la saveur sucrée organoleptique, qui ne présenteraient pas cette composition normale de 12 équivalents de carbone copulés avec $10 + x$ équivalents d'eau ne doivent pas être considérés comme des sucres.

Ces considérations préliminaires m'ont paru indispensables pour donner du genre sucre une idée catégorique, et pour éviter, autant que possible, que le lecteur puisse tomber dans la confusion issue de théories peu justifiables.

Les divers sucres peuvent être groupés de différentes manières. Au point de vue chimique, on peut considérer les sucres sous le rapport du nombre d'équivalents d'eau qu'ils renferment et, regardant la cellulose anhydre comme le point de départ ou comme corps saccharigène, $C^{12} + 9HO$, voir dans les gommes et dextrines des monohydrates de saccharigène, et, dans les sucres, des bi-hydrates, tri-hydrates, quadri-hydrates, penta-hydrates, etc, du même saccharigène, pourvu qu'ils présentent la condition fondamentale de la fermentescibilité alcoolique. Dans un sens plus pratique et plus rapproché du point de vue industriel, les sucres peuvent être divisés en deux catégories distinctes : les sucres cristallisables et les sucres incristallisables. Les premiers peuvent encore être différenciés par la forme cristalline et par des caractères particuliers ; les seconds offrent un caractère commun, celui de la non-cristallisation, et ils se différencient par leur degré d'hydratation et par certaines réactions spéciales.

CARACTÈRES DES ESPÈCES DE SUCRE.

Dans l'ordre chimique comme au point de vue de l'importance commerciale, agricole, et industrielle, le sucre ordinaire, dit encore sucre cristallisable, sucre prismatique et sucre de canne, occupe le premier rang. Sa composition est représentée par la formule $C^{12}H^{11}O^{11}$, que nous écrivons pour plus de précision $C^{12}H^9O^9 + 2HO$. On donne encore à ce sucre, dans la nouvelle nomenclature, le nom de saccharose.

Le sucre des fruits acides, sucre liquide ou incristallisable, contient un équivalent d'eau de plus et répond à la formule $C^{12}H^{12}O^{12} = C^{12}H^9O^9 + 3HO$.

Ce même sucre peut cristalliser en un hydrate plus hydraté dont il sera question sous le nom de glucose. On lui donne encore le nom de lévulose, par la raison que sa dissolution fait dévier à gauche le plan de polarisation des rayons lumineux.

Le sucre de champignons a pour formule

$$C^{12}H^{13}O^{13} = C^{12}H^9O^9 + 4HO.$$

Le sucre de fécule ou glucose, extrêmement répandu dans la nature, présente la composition

$$C^{12}H^{14}O^{14} = C^{12}H^9O^9 + 5HO$$

et il est complétement identique avec le sucre liquide des fruits acides surhydraté.

Enfin, on considère encore comme un sucre le sucre de lait, lactine ou lactose dont la composition répond à une formule double de celle du sucre liquide, soit à $(C^{24}H^{24}O^{24})$ ou $2(C^{12}H^9O^9 + 3HO)$.

Cette nomenclature renferme les sucres proprement dits, réellement connus et étudiés et, pour compléter ces renseignements, nous ajoutons un résumé rapide sur les principales substances non fermentescibles, présentant une saveur sucrée, et sur les glucosides, susceptibles de se transformer partiellement en sucre sous l'action des acides étendus.

Les principales matières sucrées non fermentescibles, et qui ne paraissent pas pouvoir se placer parmi les sucres proprement dits, sont : 1° la *Sorbine,* isomère du sucre de fruits, mais qui ne fermente pas alcooliquement en présence de la levûre de bière. La nature réelle de cette substance paraît mériter d'être sérieusement approfondie. Viennent ensuite 2° la *Mannite*, $C^{12}H^{14}O^{12}$; 3° la *Dulcose*, isomère de la mannite; 4° la *Phycite*, même composition; 5° la *Quercite*, $C^{12}H^{12}O^{10}$, 6° la *Glycyrhizine*, $C^{36}H^{24}O^{14}$; 7° la *Phlorétine*, $C^{12}H^{7}O^{4}$; 8° l'*Olivile*, $C^{28}H^{18}O^{10}$; 9° l'*Orcine*, $C^{16}H^{11}O^{7}$; 10° la *Glycérine*, $C^{6}H^{8}O^{6}$, d'origine végéto-animale; 11° l'*Inosite*, $C^{12}H^{12}O^{12} + 4HO$ ou $C^{12}H^{9}O^{9} + 3HO$, d'origine animale; et 12° le *Glycocolle*, $C^{4}H^{5}O^{4}Az$, lequel est un produit artificiel d'origine animale.

Il est digne d'observation que la sorbine, non fermentescible, provenant du suc des fruits du sorbier, présente la composition exacte du sucre liquide fermentescible des fruits acides, et rentre par conséquent, sous ce rapport, dans le groupement général des sucres, dont elle ne différe que par l'absence de la transformation alcoolique, D'un autre côté, une matière animale, l'inosite, vient compléter la série de composition des sucres proprement dits, et elle est isomère avec la Sorbine cristallisée

$$C^{12}H^{12}O^{12} + 4HO,$$

bien qu'elle ne fermente pas alcooliquement et qu'elle provienne du règne animal.

Les glucosides les plus remarquables, dont la propriété est de se transformer en sucre par l'action des acides faibles à l'ébullition, sont : 1° la *Salicine*, $C^{26}H^{18}O^{14}$, qui se change en glucose et *Salirétine;* 2° l'*Hélicine*, $C^{26}H^{16}O^{14}$, qui se dédouble en glucose et en essence de reine des prés, sous l'action des alcalis, de la synaptase et de la levûre; 3° la *Phloridzine*, $C^{26}H^{16}O^{14}$, que les acides faibles changent en sucre et *Phlorétine;* 3° la *Populine*, $C^{40}H^{22}O^{16}$, transformée par les acides en sucre de fruits, salirétine et acide benzoïque; 5° le *Tannin*, $C^{40}H^{18}O^{26}$, qui se change en acide gallique et en sucre de fruits par les acides faibles; 6° enfin l'*Amygdaline*, $C^{40}H^{22}O^{22}Az^{2}$, que la synaptase transforme en acide prussique, essence d'amandes amères et sucre.

Parmi toutes ces matières, sucres proprement dits, matières sucrées non fermentescibles et substances transformables, les seules dont l'étude présente une certaine importance sont celles qui peuvent offrir un intérêt industriel ou commercial, et je crois devoir en résumer les caractères.

A. *Sucre ordinaire, prismatique, ou sucre cristallisable.* — Cette espèce est la plus importante de toutes, à ce point que, dans la langue vulgaire, elle est représentée par le terme générique sucre, sous lequel on n'a pas l'habitude de comprendre les autres variétés du groupe.

Ainsi qu'il a été dit tout à l'heure, le sucre cristallisable est le moins hydraté des sucres, et il représente un monohydrate de cellulose ou un bi-hydrate de saccharigène (cellulose anhydre).

Le sucre pur est solide, incolore, inodore, et offre une densité de 1,6065. Il présente cependant une sorte d'odeur de pierre à fusil, après un frottement énergique, et il produit une phosphorescence quand on le casse ou qu'on le frotte dans l'obscurité. Le sucre pilé présente une saveur et une odeur légèrement caramélisées.

Le sucre cristallise en prismes rhomboïdaux quadrangulaires à quatre ou six faces, terminés par des sommets

dièdres, (fig. 1). La solubilité du sucre est assez remarquable. Son véritable dissolvant est l'eau, dont il

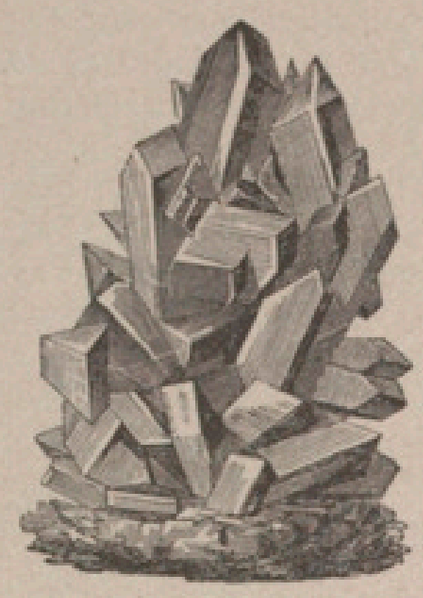


Fig. 1.

faut un tiers de son poids à + 15° pour le dissoudre, tandis qu'il est soluble dans moitié moins d'eau bouillante. C'est une erreur de l'avoir considéré comme soluble en toutes proportions dans l'eau bouillante, c'est-à-dire dans l'eau à + 100°, car, si l'on peut faire dissoudre du sucre en toutes proportions dans un liquide aqueux chaud, c'est seulement parce que le sucre étant fusible par lui-même à une température donnée, la température de la solution augmente à mesure qu'on y introduit une nouvelle quantité de matière, ce qui porte la proportion de sucre dissous au-delà des véritables limites. Mais en maintenant le liquide dissolvant, aqueux ou sirupeux, à + 100°, c'est-à-dire à la température de l'ébullition de l'eau, on ne peut faire dissoudre que 6 unités de sucre dans l'unité pondérale d'eau.

Le sucre est insoluble dans l'éther, et à peu près insoluble dans l'alcool absolu froid. L'alcool absolu bouillant en dissout $\frac{1}{80}$, qui se dépose par le refroidissement; mais le pouvoir dissolvant de l'alcool par rapport au sucre augmente avec l'hydratation du menstrue, et l'alcool à 0,83 en dissout déjà 0,25 de son poids.

Le sucre sec et pur, en petits cristaux, est inaltérable à l'air sec, mais il s'altère à l'air humide, et peut se changer partiellement en sucre incristallisable.

Quand on soumet le sucre à l'action de la chaleur, il entre en fusion vers + 175°, et il se prend par refroidissement en masse amorphe, translucide, qui constitue le sucre d'orge. Cette masse, exposée à l'air, devient opaque après quelque temps, et elle cristallise du dehors en dedans, sous forme de rayons convergents vers l'axe.

Lorsqu'on maintient le sucre à la chaleur de + 180° pendant un certain temps, il devient incristallisable. Il en est de même si l'on fait bouillir pendant 15 à 20 heures sa dissolution aqueuse, à moins qu'elle ne renferme des alcalis susceptibles de s'unir au sucre.

Entre + 210° et + 220°, le sucre se change en un produit brun, visqueux, incristallisable, amer, non sucré, qui est le *caramel*, $C^{12}H^{9}O^{9}$. Ce produit est soluble dans les alcalis, il forme des sels avec les bases puissantes, et doit être rangé parmi les acides faibles. Au-dessus de + 220°, le sucre commence à se décomposer en fournissant de l'eau, de l'acide acétique, de l'acétone, de l'acide formique, des huiles, des goudrons, des gaz inflammables et éclairants, etc. Le résidu est un charbon brillant, très-léger et volumineux, qui brûle complétement au contact de l'air, si le sucre est chimiquement pur.

On peut prendre note de ce fait que le sucre n'est pas précipitable par l'acétate ou le sous-acétate de plomb, ce qui donne un moyen de le séparer d'un grand nombre de matières organiques dans les études que l'on peut faire au sujet de ce produit.

Le principal caractère des sucres consiste en ce qu'ils

éprouvent la fermentation alcoolique en présence de la levûre à la température moyenne de + 15° à + 25°; et le sucre prismatique fermente dans ces conditions. Cependant il ne paraît entrer dans le mouvement de transformation qu'au fur et à mesure que, sous l'action simultanée de l'eau et du ferment acidule, il s'est changé en sucre de fruits, $C^{12}H^{12}O^{12}$.

Cette circonstance permettrait de considérer le sucre prismatique comme l'anhydride des sucres, et de les regarder comme non fermentescibles à cet état anhydre, si l'on possédait quelque moyen certain d'apprécier les détails du fait qui vient d'être signalé.

Le sucre cristallisable est profondément altéré par les acides. Tous les acides minéraux et la plupart des acides organiques le changent en sucre incristallisable, même quand ils n'existent qu'en faible proportion dans la solution. L'action devient plus rapide en présence d'une plus forte proportion d'acide, ou de l'élévation de la température. Tous les acides organiques agissent sur le sucre dans le même sens, quoique leur action soit beaucoup plus lente et moins sensible. L'acide acétique, dont l'action est presque nulle, ne modifie le sucre qu'avec une extrême lenteur.

Lorsque le sucre a été transformé par les acides, il entre très-rapidement en fermentation; mais les produits de cette transformation varient, suivant la composition du milieu et les circonstances concomitantes, et il peut se former de l'alcool, de l'acide lactique, de la matière visqueuse, de l'acide butyrique, etc. Les détails de ces transformations sont décrits à l'article *Fermentation*.

La dissolution du sucre prismatique offre la propriété de dévier à droite le plan de polarisation des rayons lumineux, mais quand ce sucre a été hydraté par l'action des acides étendus, qu'il a été *interverti*, en devenant du sucre incristallisable, il dévie à gauche ce même plan de polarisation.

En agissant sur le sucre à froid, avec l'acide azotique concentré, monohydraté, on le transforme en une substance explosible analogue au fulmi-coton ou *pyroxyle*, ou encore à la *xyloïdine*, ou azotate de fécule. Comme dans la préparation du fulmi-coton, on peut agir avec un mélange d'acide sulfurique et d'acide azotique concentré; si l'on opère avec de l'acide plus affaibli et à chaud, on transforme le sucre, suivant les circonstances, en acide oxy-saccharique ou oxalhydrique, puis en acide oxalique, par suite de la fixation de l'oxygène de l'acide sur le carbone du sucre.

L'acide sulfurique, en agissant sur le sucre, dans des circonstances variables, le transforme en acides glucique, apoglucique, formique, ulmique, humique, en humine et ulmine, et des corps dérivés de moins en moins hydratés.

L'action des bases sur le sucre est assez nette, ce corps se combinant aux alcalis, à la façon des acides faibles, pour former des sucrates, sur lesquels, cependant, on manque encore de données chimiques suffisamment arrêtées. La plupart des sucrates étant insolubles ou peu solubles dans l'alcool concentré, l'emploi de ce menstrue permettrait de les isoler dans un grand nombre de cas, et de pouvoir en faire une étude qui manque encore à l'industrie, malgré les services qu'elle pourrait en attendre.

Les principaux sucrates connus ou indiqués sont : le sucrate monobasique de lithine, $LiO.C^{12}H^9O^9 + 2HO$; le sucrate de baryte, $BaO.C^{12}H^9O^9 + 2HO$, qui renferme 30,948 de baryte et 69,052 de sucre. Ce sucrate est décomposable par un courant d'acide carbonique, mais il supporte sans décomposition une température de + 200°.

Le sucrate de strontiane $SrO.C^{12}H^9O^9 + 2HO$, est très-analogue au sucrate de baryte, et contient 23,23 de strontiane avec 76,77 de sucre.

Le sucrate monobasique de chaux, $CaO,C^{12}H^9O^9,2HO$, contient 14,07 de chaux et 85,93 de sucre.

Le sucrate sesquibasique de la même base,

$$3CaO.2(C^{12}H^9O^9 \times 2HO),$$

renferme 19,718 de chaux et 80,282 de sucre.

On peut également mentionner pour mémoire la combinaison du sucre avec la chaux et le carbonate de chaux, nommée sucrate d'hydrocarbonate de chaux par MM. Boivin et Loiseau.

Les sucrates de magnésie, de manganèse, et de fer ont été peu étudiés.

Le sucrate bibasique de plomb $2PbO,C^{12}H^9O^9 + 2HO$, renfermant 56,608 d'oxyde de plomb et 43,392 de sucre, perd un équivalent d'eau dans le vide et devient anhydre par la dessication à + 160°, en sorte qu'il renferme en ce dernier état le sucre à l'état de $C^{12}H^9O^9$, mais l'hydratation se reproduit quand on cherche à isoler le sucre de cette combinaison.

Le sucre se combine avec le sel marin et forme le composé $NaCl.2(C^{12}H^9O^9 + 2HO)$, renfermant 14,592 de sel et 85,408 de sucre. Il se forme des combinaisons analogues avec le chlorure de potassium et le chlorhydrate d'ammoniaque, et comme ces combinaisons sont déliquescentes, elles peuvent apporter un grand préjudice dans les opérations industrielles, et retenir dans les eaux-mères une très-grande proportion de sucre engagé. Les combinaisons du sucre avec la chaux sont également déliquescentes et peuvent devenir très-nuisibles dans la fabrication, si l'on n'apporte pas une attention soutenue aux opérations. De même, les alcalis, formant des sucrates alcalins dans les liqueurs sucrées, réagissent encore en produisant du glucose au dépens du sucre libre, et en formant des composés acides analogues à l'acide humique ou à l'acide ulmique.

La composition centésimale du sucre prismatique est de:

Carbone. . . .	42.105		Saccharigène.	89.474
Hydrogène . . .	6.433	ou		
Oxygène. . . .	51.463		Eau.	10.526
	100.000			100.000

B. *Sucre des fruits acides, liquide ou incristallisable.* — Ce tri-hydrate de saccharigène présente pour composition:

Carbone. . . .	40.000		Saccharigène.	85.000
Hydrogène . .	6.667	ou		
Oxyène	53.333		Eau.	15.000
	100.000			100.000

Ce sucre, bien desséché, présente un aspect gommeux et une saveur moins sucrée que celle du précédent. Il est insoluble dans l'alcool absolu, très-soluble dans l'alcool à 0,84 et soluble en toutes proportions dans l'eau. Ses dissolutions devient à gauche le plan de polarisation des rayons lumineux et, quand on le soumet à l'action de la chaleur, il éprouve les mêmes modifications et les mêmes décompositions que le sucre prismatique.

Le sucre liquide des fruits acides fermente directement au contact de la levûre, et produit normalement deux équivalents d'alcool et quatre équivalents d'acide carbonique, lorsque l'action est régulière.

L'action des acides affaiblis est nulle sur ce sucre, mais les acides concentrés agissent sur lui comme sur le sucre prismatique. Il noircit très-rapidement par les alcalis à la température de l'ébullition, en fournissant des produits humiques. La dissolution sirupeuse laisse déposer des cristaux mamelonnés de glucose, qui devient à droite le plan de polarisation de la lumière.

On rencontre le sucre liquide dans la plupart des fruits acidules.

C. *Sucre de champignons.* — Ce quadry-hydrate de saccharigène a pour composition:

Carbone. . . .	38.099		Saccharigène.	80.952
Hydrogène . .	6.875	ou		
Oxygène . . .	55.025		Eau.	19.048
	100.000			100.000

Il cristallise en prismes quadrangulaires à base rhombe, terminés par un sommet dièdre, et fermente alcooliquement en abandonnant un équivalent d'eau.

D. *Sucre de fécule ou glucose.* — Cette espèce est un pentahydrate de saccharigène et renferme:

Carbone. . .	36.364		Saccharigène.	77.273
Hydrogène . .	7.070	ou		
Oxygène . . .	56.566		Eau.	22.727
	100.000			100.000

Le glucose est le plus abondant de tous les sucres, et on le rencontre partout dans la nature végétale. Il semble être normal de le considérer comme du sucre de de fruits $C^{12}H^9O^9 + 3HO$, qui aurait pris deux équivalents d'eau de cristallisation, et serait devenu

$$C^{12}H^9O^9 + 5HO.$$

De cette manière de voir, il résulterait que ce sucre ne devrait pas être considéré comme une espèce particulière, mais seulement comme une forme plus hydratée du sucre liquide.

La cristallisation de ce sucre est assez confuse, il est mou et de consistance pâteuse. La densité du glucose est de 1.386; il est deux fois et demie à trois fois moins sucré que le sucre prismatique. Soluble en toutes proportions dans l'eau bouillante, il exige pour se dissoudre 1 partie et demie d'eau froide. Il est insoluble dans l'alcool absolu froid, mais soluble dans 60 parties du même alcool bouillant, et dans 5 ou 6 parties d'alcool à 0,83.

Le glucose se ramollit à + 60°, fond à + 100°, et perd deux équivalents d'eau, tout en demeurant dextrogyre. Au-dessus de la fusion, il se caramélise, noircit et se décompose à la façon des autres sucres. Quand on le fait bouillir longtemps, avec un acide faible, à l'abri de l'air, il se transforme en produits ulmiques. En présence de l'air, il se forme en outre de l'acide formique. L'action de l'acide sulfurique, à la température de + 100°, produit de l'acide sulfo-saccharique. L'acide azotique, en agissant sur le glucose, produit une matière explosible, de l'acide saccharique, de l'acide oxalique, suivant les circonstances de la réaction, comme avec le sucre prismatique.

Le glucose noircit très-rapidement en présence des alcalis, par la formation d'un produit humique noir nommé acide mélassique par M. Péligot. Le mélassate alcalin continue à agir sur le sucre libre. La dissolution de chaux éteinte dans le glucose donne lieu à la formation d'acide glucique, qui se transforme en acide apoglucique, quand on fait bouillir cette dissolution à l'air. Les glucosates se forment moins facilement que les sucrates : on connaît cependant le glucosate de chaux $3\,CaO\,.\,2\,(C^{12}H^{14}O^{14})$; le glucosate de plomb, $6\,PbO\,.\,2\,(C^{12}H^{14}O^{14})$; le glucosate de baryte, $3\,BaO\,.\,2\,(C^{12}H^{14}O^{14})$, dont le premier et le dernier sont sesquibasiques.

Le glucose se combine très-facilement avec le sel marin en beaux cristaux incolores, qui sont des pyramides doubles à six pans, représentés par la formule

$$NaCl\,.\,2\,(C^{12}H^{12}O^{12} + 2HO).$$

A la température de l'ébullition, le glucose réduit le tartrate de cuivre dissous dans la potasse, et précipite le cuivre à l'état d'oxydule Cu^2O. Cette réduction appartient, du reste, à un si grand nombre de corps organiques, que l'on est obligé de faire les plus grandes réserves au sujet de son emploi pour les déterminations saccharimétriques.

Le glucose fermente directement en mettant, comme sa composition l'indique, deux équivalents d'eau en liberté; d'où il suit qu'à poids égal il fournit moins d'alcool que les sucres précédents. Ainsi, le sucre prismatique produit, *théoriquement*, par 100 parties pondérales, 53.801 d'alcool; le sucre de fruits 51.111, et le glucose n'en fournit que 46.465.

Le sucre de miel paraît n'être qu'un mélange de sucre liquide $C^{12}H^9O^9 + 3HO$, et de glucose $C^{12}H^9O^9 + 5HO$, accompagné de quelques matières extractives et aromatiques. Il semble que cette question ait besoin d'études ultérieures pour que l'on puisse adopter une opinion définitive à cet égard.

E. *Lactine, lactose ou sucre de lait.* La composition de la lactine est représentée par les valeurs doublées de celles du sucre liquide.

Carbone.. . . .	80.000		Saccharigène. .	170.000
Hydrogène. . .	13.334	ou		
Oxygène. . . .	56.666		Eau.	30.000
	200.000			200.000

Les dissolutions de ce sucre dévient à droite le plan de polarisation de la lumière; il cristallise en parallélipèdes terminés par des pyramides à quatre faces; il est dur, incolore et d'une saveur douce et un peu sucrée. Il est soluble dans le double de son poids d'eau bouillante ou six fois son poids d'eau froide, mais il est insoluble dans l'alcool et l'éther.

Le sucre de lait paraît fermenter alcooliquement lorsqu'il est bien débarrassé des matières étrangères. Les conditions de cette fermentation et la production d'acide mucique et d'acide oxalique par l'action de l'acide azotique sur ce sucre m'ont amené à le considérer comme un véritable glucosate de gomme ou de dextrine, répondant à la formule $C^{24}H^{18}O^{18} + 6HO = C^{12}H^9O^9 = 5HO + C^{12}H^9O^9\,.\,HO$. Comme il est assez inutile de s'arrêter ici sur les caractères des matières sucrées non fermentescibles et des glucosides, je prendrai la liberté de renvoyer le lecteur aux détails insérés à ce sujet dans mon ouvrage sur les sucres, et j'aborde dès maintenant les questions de technologie relatives à l'extraction du sucre prismatique (1).

Essai des matières saccharines. Le sucre prismatique étant l'objet principal, sinon unique, de cette étude, je laisserai de côté les autres espèces sur lesquelles il est fourni des indications suffisantes en d'autres endroits de cet ouvrage, dont une reproduction ne pourrait faire qu'un double emploi inutile.

Le sucre prismatique se trouve « dans les tiges du *saccharum officinarum;* dans le tronc des *acer saccharinum*, *dasycarpum*, *campestre*, *rubrum*, *platanoïdes*, *pseudo-platanus*, *tartaricum*, *negundo*, etc.; dans la racine de *beta vulgaris* et *cycla*, de *pastinaca sativa*, de *daucus* et de *sium sisarum*. On trouve aussi du sucre (dont l'espèce n'est pas toujours bien déterminée) dans les nectaires de presque toutes les fleurs, dans les fruits de *cucumis melo* et *chate*, *carica papaya*, *achros sapota* et *mammosa*, *mammea americana*, *durio zibethinus*, *chrysophyllum microcarpum;* de plusieurs espèces d'*annona*, de *musa paradisiaca* et *sapientum*, et de *phœnix dactylifera*, dans les tiges de *zea maïs*, *borassus flabelliformis*, *mipa fruticans*, *cocos fructifera*, *pinus abies*, *carpinus betulus*, etc.; dans les racines de *triticum repens*, *hydrophylax maritima*, *polypodium vulgare* (2). »

On peut ajouter à cette liste le *bambou*, le *bouleau blanc*, le *noyer blanc*, le *varech sucré*, la racine de *persil*, etc.

Comme il importe extrêmement de s'assurer, en industrie, de la présence du sucre dans les matières premières que l'on veut traiter, on a proposé divers moyens d'essai, dont un résumé rapide ne peut qu'intéresser le lecteur.

Essai par dessiccation. Ce mode d'essai exige la connaissance préalable de la composition de la plante à examiner. En prenant la betterave pour exemple, si l'on coupe des tranches très-minces au milieu d'une racine,

1. *Guide pratique du fabricant de sucre*, par N. Basset; vol 1, page 68 et suiv.

2. L. Gmelin, *Chimie organique*, 1823.

qu'on en prenne le poids exact, et qu'on les fasse ensuite sécher à l'étuve, jusqu'à ce qu'elles soient devenues cassantes et ne perdent plus de leur poids, le résidu indiquera le chiffre des matières solides et, par différence, celui de l'eau de végétation. Si l'on sait, d'autre part, que la betterave renferme un poids N de matières solides autres que le sucre, le poids du résidu moins N indiquera la proportion de sucre renfermé dans le poids des tranches examinées, d'où il sera facile de revenir à la proportion centésimale.

Ce procédé est inexact, à raison des différences et des écarts de composition dus à la nature du sol, aux engrais, au climat, au mode de culture, etc.

Essai par évaporation. Après avoir divisé la matière essayée, on exprime la pulpe, on la lave et on la presse à plusieurs reprises, puis on fait évaporer le liquide filtré, au bain-marie, jusqu'à siccité. Du poids du résidu, comparé à celui de la matière première, on déduit par approximation la proportion du sucre; mais, comme ce sucre est accompagné de matières étrangères qui n'ont pas été séparées, le résultat est toujours exagéré, et le procédé ne présente pas plus de valeur que le précédent, sinon moins encore.

Essai par fermentation. En faisant fermenter le jus d'une matière sucrée, extrait aussi exactement que possible, on déduit de l'alcool obtenu le chiffre du sucre cristallisable, qui est de 100 parties pondérales pour 53.80 d'alcool. Ce procédé est encore illusoire, puisque, dans la plupart des circonstances, le sucre prismatique est accompagné de sucre de fruits ou de glucose, et qu'en outre la fermentation produit des corps dérivés du sucre différents de l'alcool. On comprend, d'ailleurs, que l'on puisse également prendre pour base du calcul la quantité d'acide carbonique dégagé par la fermentation, en adoptant le coefficient $\frac{51,46}{100}$, mais les objections qui viennent d'être faites n'en conservent pas moins toute leur valeur.

Essai par élimination. Ce procédé a été indiqué par M. Péligot. On pèse une certaine quantité de tranches de betteraves, prise dans le rayon, c'est-à-dire entre l'écorce et le centre, et on la fait sécher avec soin à + 100°, jusqu'à ce qu'on ne constate plus de perte de poids. La différence entre le résidu et le poids primitif donne la proportion d'eau. Le résidu sec, pulvérisé, et traité à plusieurs reprises et à l'ébullition par l'alcool à 85°, donne encore un résidu insoluble, que l'on fait sécher, afin de connaître par différence le poids du sucre dissous dans la liqueur alcoolique. On pourrait également l'obtenir en faisant évaporer celle-ci au bain-marie jusqu'à dessiccation. Si l'on traite le résidu insoluble dans l'alcool par l'eau bouillante, on dissout l'albumine et la plupart des sels, et la partie insoluble, desséchée, donne le poids du ligneux, tandis que les matières différentes du sucre sont dosées par différence.

Ce mode d'essai est le plus simple et le plus complet de ceux qui ont été proposés.

Essai par la Calcimétrie. — Ce mode d'essai, dû à M. Péligot, repose sur le dosage du sucre par la proportion de chaux dissoute dans un liquide sucré, et il est basé sur ces faits, que 1000 parties d'eau dissolvent 1 partie de chaux hydratée, Ca O, HO, et qu'un équivalent de sucre (2137,5) dissout un équivalent de chaux hydratée (462,5). On comprend que le liquide à examiner, porté vers + 80° de température, et additionné d'un lait de chaux en excès, puis filtré avec les précautions nécessaires pour éviter les pertes, soit soumis à une vérification volumétrique à l'aide d'une liqueur acide titrée, permettant d'apprécier la quantité de chaux dissoute. J'ai indiqué dans mon ouvrage spécial les raisons pour lesquelles ce mode me paraît être d'une flagrante inexactitude. Je me borne à rappeler que les liqueurs essayées peuvent contenir des substances différentes du sucre et pouvant s'unir à la chaux, que l'on n'est pas encore très-certain de la combinaison qui s'effectue entre le sucre et la chaux dans cette condition, enfin, que la chaux met en liberté les alcalis des jus, ce qui donne lieu à une appréciation exagérée.

Essai densimétrique — On essaye encore souvent les jus sucrés en prenant leur densité, soit à l'aide de l'aréomètre de Baumé, soit à l'aide du densimètre centésimal. A ce propos, il n'est pas inutile de faire observer que l'aréomètre, dit de Baumé, n'est plus maintenant l'instrument de ce chimiste, et qu'il est construit sur des bases toutes différentes, celles de Baumé étant incertaines et arbitraires. On a pris pour le 0° la densité de l'eau pure et pour le 66°, celle de l'acide sulfurique pur et monohydraté à 1,842. En représentant la densité par *d* et le nombre des degrés de Baumé correspondant par N, on a donné les formules suivantes, à l'aide desquelles on peut revenir des degrés de densité aux degrés de Baumé et réciproquement.

$$d = \frac{144.300,}{144,3 - N} \qquad N = 144,3 - \frac{144.300,}{d}.$$

Il y a encore un instrument dont nos voisins d'outre-Rhin font grand cas, sous le nom de saccharimètre de Balling, lequel marque 0° dans l'eau distillée, 1° dans une dissolution de sucre pur en poids pour 99 d'eau, etc.; mais, comme il est facile de s'en rendre compte, cette sorte d'aréomètre, pas plus que tous les autres, ne peut donner d'appréciations exactes que pour les solutions de sucre pur.

Les indications du densimètre de Gay-Lussac donnent pour résultat de l'appréciation une augmentation de 1 gramme par litre pour chaque dixième de degré et cette augmentation pondérale correspond à 2 gr.,44 de sucre dissous. La fraction réelle est 2 gr.,44498755. Un centième de sucre dissous par litre équivaut à une augmentation de densité de 0,00409.

Si l'on se sert de l'aréomètre de Baumé, on trouve que cet instrument marque 1° dans une liqueur contenant 0,018 de sucre par litre, et que le 35me degré correspond à 0,666 de sucre. On obtient la valeur très-approchée d'une solution sucrée en multipliant le nombre de degrés de Baumé par le nombre fixe 0,0185, qui est la moyenne entre les densités faibles et les densités élevées. Un sirop à 50 % de sucre, dont la densité est de 1,230, marque environ 27° Baumé.

Dosages du sucre. — Procédé Payen. —On obtient une liqueur d'épreuve en ajoutant 50 centimètres cubes d'acide acétique de 1050,98 de densité (7° B.) à 1 litre d'alcool à 0,88, et en faisant dissoudre dans le liquide 50 grammes de sucre blanc et sec pulvérisé. Suivant M. Payen, cette quantité est celle qui est nécessaire à la saturation, mais pour que le liquide reste saturé malgré les variations de température, on y introduit un excès de sucre candi blanc. Pour essayer un sucre, on en prend un échantillon moyen dont on pèse 10 gr., qu'on introduit dans un tube à expériences. On agite d'abord avec 10 centimètres cubes d'alcool anhydre, pour enlever l'eau de l'échantillon; on laisse reposer, on décante et on laisse égoutter. On agite alors avec 50 cent. cubes de la liqueur d'épreuve, puis on laisse reposer, on décante. On recommence encore cette opération, puis on lave le résidu avec de l'alcool à 98°. Ce résidu, recueilli sur un filtre, lavé et séché, donne par différence le poids des matières étrangères solubles. On obtient le poids des substances étrangères insolubles en faisant dissoudre le sucre dans l'alcool à + 60°, on filtre, on lave le filtre, on fait sécher et l'on prend le poids des matières insolubles. Ce procédé, aussi minutieux que puéril, ne peut apporter aucun avantage à la pratique et n'a pas été adopté.

Procédé de M. Dumas. — Après avoir ajouté à un litre d'alcool, à 85°, 50 grammes d'acide acétique à 8° B., on ajoute dans la liqueur un excès de sucre, de manière à la saturer. Ce liquide marque 74° à l'alcoomètre, et on s'en sert pour le dosage du sucre. En agitant 50 gr. de sucre avec un décilitre de liqueur d'essai, on dissout les matières solubles; on laisse reposer, et la liqueur filtrée est essayée par l'alcoomètre, qui accuse une diminution de 0,01 pour chaque degré d'augmentation de densité. Ce procédé est nécessairement incomplet, puisqu'il ne tient nul compte du chiffre des matières minérales, ni d'autres substances étrangères.

SACCHARIMÉTRIE. — La saccharimétrie a pour objet de déterminer la nature et la proportion du sucre contenu dans un liquide. Elle se pratique par deux méthodes dont l'une, basée sur des réactions de chimie, porte le nom de saccharimétrie chimique, et l'autre, fondée sur les lois qui régissent la lumière, se nomme saccharimétrie optique.

Saccharimétrie chimique. — On sait que le sucre est un *réducteur* énergique, c'est-à-dire qu'il enlève facilement l'oxygène à un certain nombre de corps. Les faits de la saccharimétrie chimique sont basés sur cette propriété.

D'après M. Maumené, un morceau de mérinos blanc, ayant été imbibé par une dissolution de bi-chlorure d'étain dans le double de son poids d'eau, et séché ensuite, peut servir à reconnaître la présence du sucre en ce que, si l'on fait tomber sur ce mérinos une goutte du liquide essayé et qu'on l'expose à la chaleur, l'étoffe noircit si le liquide renferme du sucre. Ce n'est ici qu'une sorte d'appréciation qualitative.

D'après M. Elsner, la solution d'acide arsénique, mélangée avec celle du sucre prismatique, du sucre de raisin ou du sucre de fécule, prend une belle couleur rose au bout de cinq ou six heures. Cette couleur passe ensuite au pourpre, puis après plusieurs jours, au rouge brun.

En faisant bouillir 50 à 60 grammes d'eau additionnée de 2 ou 3 grammes de carbonate de soude, et de 1 ou 2 grammes de sous-azotate de bismuth, si l'on ajoute un peu de la solution sucrée à essayer, le bismuth se précipite en poudre noire dans le cas de la présence du sucre de fécule.

La dissolution du tartrate de cuivre dans la potasse est réduite à l'ébullition par les solutions de glucose, et il se précipite du sous-oxyde rouge de cuivre. La dissolution d'acétate de cuivre précipite également de l'oxydule de cuivre, quand on la fait bouillir avec une dissolution de sucre prismatique; celle de sulfate de cuivre précipite du cuivre métallique ; il en est de même de la dissolution d'azotate de protoxyde de cuivre (CuO, AzO^5); le chlorure d'or et les azotates d'argent et de mercure précipitent le métal à l'ébullition en présence d'une dissolution sucrée.

Ce sont ces phénomènes de réduction qui ont servi de bases au procédé de la saccharimétrie chimique, dont voici le résumé succinct.

La méthode de Frommherz repose sur la réduction par le glucose d'une solution d'essai ou liqueur saccharimétrique renfermant du cuivre dissous dans la potasse. On prépare cette solution cupro-potassique dans de très-bonnes conditions par la méthode suivante. On dissout 40 gr. de sulfate de cuivre dans 160 gr. d'eau, et l'on y ajoute 3 grammes de chlorhydrate d'ammoniaque. On prépare à chaud une seconde solution contenant 80 gr. de crème de tartre et 130 gr. de soude dans 600 gr. d'eau distillée, que l'on place dans un vase d'un litre. On y ajoute le sel de cuivre ammoniacal et l'on complète le volume avec de l'eau distillée.

Il sagit de titrer cette liqueur. Pour cela on fait dissoudre à chaud 1 gramme de sucre prismatique pur et sec dans 80 grammes d'eau environ. On ajoute alors à la liqueur 6 à 8 gouttes d'acide chlorhydrique, et l'on porte à l'ébullition pendant 5 minutes. Tout le sucre cristallisable est changé en sucre liquide $C^{12}H^9O^9+3HO$. Après refroidissement, on verse le liquide dans une éprouvette graduée, on lave la capsule avec un peu d'eau et l'on ajoute au liquide le produit de ce lavage, puis on complète exactement le volume de 100 cent. cubes, et l'on agite. 1 centimètre cube de cette solution renferme 1 centigramme de sucre cristallisable interverti.

On introduit de la liqueur saccharimétrique jusqu'au 0° de l'échelle, dans une burette compte-gouttes graduée en dixièmes de centimètres cubes ; on remplit également une burette semblable avec la dissolution de sucre interverti. On prend alors un *tube d'essai*, à large diamètre (fig. 2), dans lequel on introduit quelques centimètres

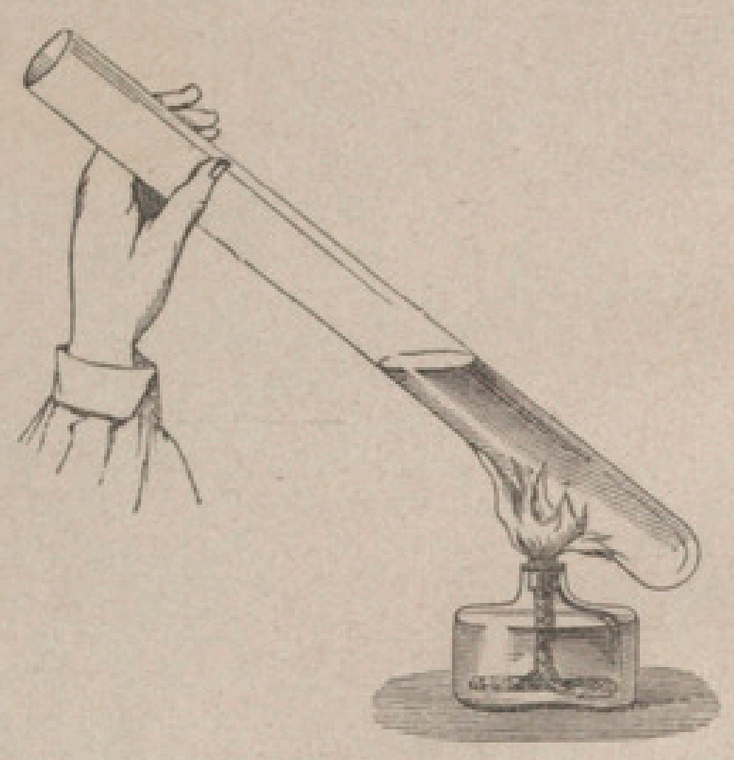


Fig. 2.

cubes de la liqueur saccharimétrique, et l'on ajoute si l'on veut, un peu d'eau distillée pour augmenter le volume, puis on porte à l'ébullition et l'on ajoute à ce moment et goutte à goutte, de la solution sucrée, en rétablissant l'ébullition à chaque addition, jusqu'à ce que la décoloration soit complète.

Ce résultat étant obtenu, on lit sur les burettes le volume de la solution cupro potassique employée, et celui de la solution sucrée qui a suffi pour le décolorer. Le reste de l'appréciation n'est plus qu'une affaire de calcul, puisque chaque centimètre cube de la solution sucrée représente un centigramme de sucre prismatique ou une quantité proportionelle de sucre liquide. On inscrit sur le flacon le résultat obtenu.

Pour tous les essais saccharimétriques à faire par cette méthode, on se trouve en face de deux circonstances, dont il faut tenir compte : ou le jus extrait, le liquide donné, la solution essayée, ne renferme que du glucose, ou il contient en outre du sucre prismatique. Dans tous les cas, on commence par faire la décoloration d'un petit volume de la liqueur saccharimétrique, à l'aide de la liqueur sucrée normale versée goutte à goutte, et l'on tient note du résultat, c'est-à-dire de la quantité de sucre incristallisable trouvée dans la solution. Aussitôt après, on fait bouillir 100 centimètres cubes de la même liqueur sucrée, avec quelques gouttes d'acide chlorhydrique et, après l'interversion, on laisse refroidir, et l'on rétablit le volume de 100 centimètres cubes avec de l'eau. Cela fait, on exécute un nouvel essai, avec cette liqueur transformée, et l'on obtient un nouveau résultat, dont la valeur égale le chiffre du glucose préexistant dénoncé par la première opération, plus celui du sucre prismatique transformé en glucose. On soustrait du total le premier de ces chiffres, et l'on ramène le reste à la valeur du sucre prismatique, en tenant compte des deux équivalents 2137,50 et 2250.

Tous les essais de toutes les matières sucrées se font

exactement sur la même base et de la même manière, en observant toutefois de pratiquer la décoloration, lorsqu'elle est indispensable, comme dans le cas de certaines mélasses. Cette décoloration se pratique par l'acétate de plomb, le plus habituellement, mais je préfère m'en dispenser et me contenter d'atténuer le liquide essayé jusqu'à ce que la nuance en soit devenue insignifiante. Il suffit à la décoloration d'essai de ramener les nuances à l'identité.

Il est bon de savoir que $8^{grs},55$ de sucre prismatique correspondent à 9 grammes de sucre de raisin.

Il y a une objection sérieuse à faire contre ce procédé, au moins dans les cas où l'on veut l'employer pour rechercher le sucre dans des matières peu connues, où il peut se trouver accompagné d'une foule d'autres substances. Cette objection repose sur ce fait que le sel de cuivre est réductible par un grand nombre d'autres corps différents du sucre, et que, par conséquent, dans beaucoup de circonstances, il est impossible de se prononcer d'une manière absolue sur les résultats.

Saccharimétrie optique. La saccharimétrie optique est basée sur les changements imprimés à la lumière par une colonne de dissolution sucrée.

Les lois de la polarisation circulaire et les données relatives au spectre, à la réflexion, à la réfraction sont indiquées en différents endroits de cet ouvrage, et il devient inutile d'y consacrer une longue description.

M. Biot a beaucoup étudié les phénomènes de la polarisation circulaire et il en a fait avantageusement l'application à l'appréciation des sucres, dont les uns sont dextrogyres et les autres lévogyres. Voici la reproduction de la table des rotations et des richesses sucrières correspondantes, dressée par le savant observateur.

Tableau des rotations imprimées au plan de polarisation d'un même rayon rouge par diverses proportions de sucre de canne, dissoutes dans l'eau distillée, et observées à travers une même épaisseur de 160 millimètres.

Proportion de sucre candi dans l'unité pondérale de la dissolution.	Densité de la dissolution, celle de l'eau distillée étant 1.	Arc de rotation décrit par le plan de polarisation du rayon rouge à travers une épaisseur de 160 millimètres.
0,01	1,004	0,888
0,02	1,008	1,783
0,03	1,012	2,684
0,04	1,016	3,593
0,05	1,020	4,509
0,06	1,024	5,432
0,07	1,028	6,363
0,08	1,032	7,300
0,09	1,036	8,244
0,10	1,040	9,196
0,11	1,045	10,153
0,12	1,049	11,128
0,13	1,053	12,104
0,14	1,057	13,087
0,15	1,062	14,079
0,25	1,105	24,413
0,50	1,231	54,450
0,65	1,311	75,394

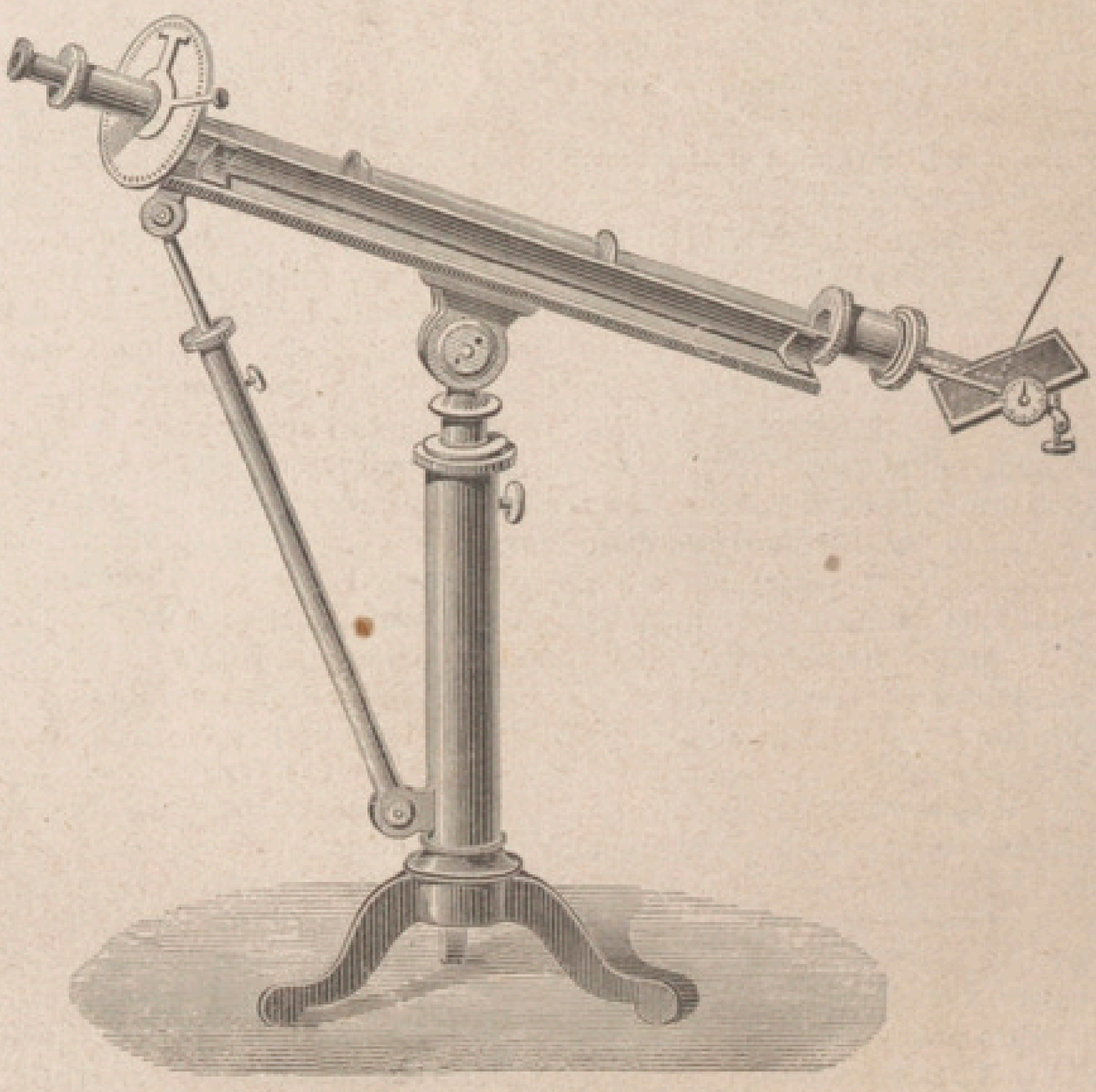


Fig. 3.

L'instrument de M. Biot est représenté fig. 3.

Depuis les recherches de cet homme éminent, beaucoup d'autres physiciens se sont occupés de la même question, et sans qu'on ait à s'arrêter à l'instrument de M. Mitscherlich, qui n'est guère qu'une imitation de celui de M. Biot, il peut être utile de décrire sommairement celui de M. Soleil, modifié encore et perfectionné par M. J. Duboscq. Cet appareil, connu sous le nom de *saccharimètre*, et représenté par la figure 4, n'est au fond, pour l'observateur, qu'un tube formé de trois parties, dont deux fixes, comprenant les deux extrémités de A à B et de C à D; l'autre, mobile, formant la portion centrale que l'on insère entre les deux autres, B et C, et qui est tantôt un simple tube BC, long de

20 centimètres, tantôt un tube B'C', long de 22 centimètres et muni d'un thermomètre (fig. 5). Ces tubes ont été remplis de la dissolution sucrée dont on veut déterminer le titre.

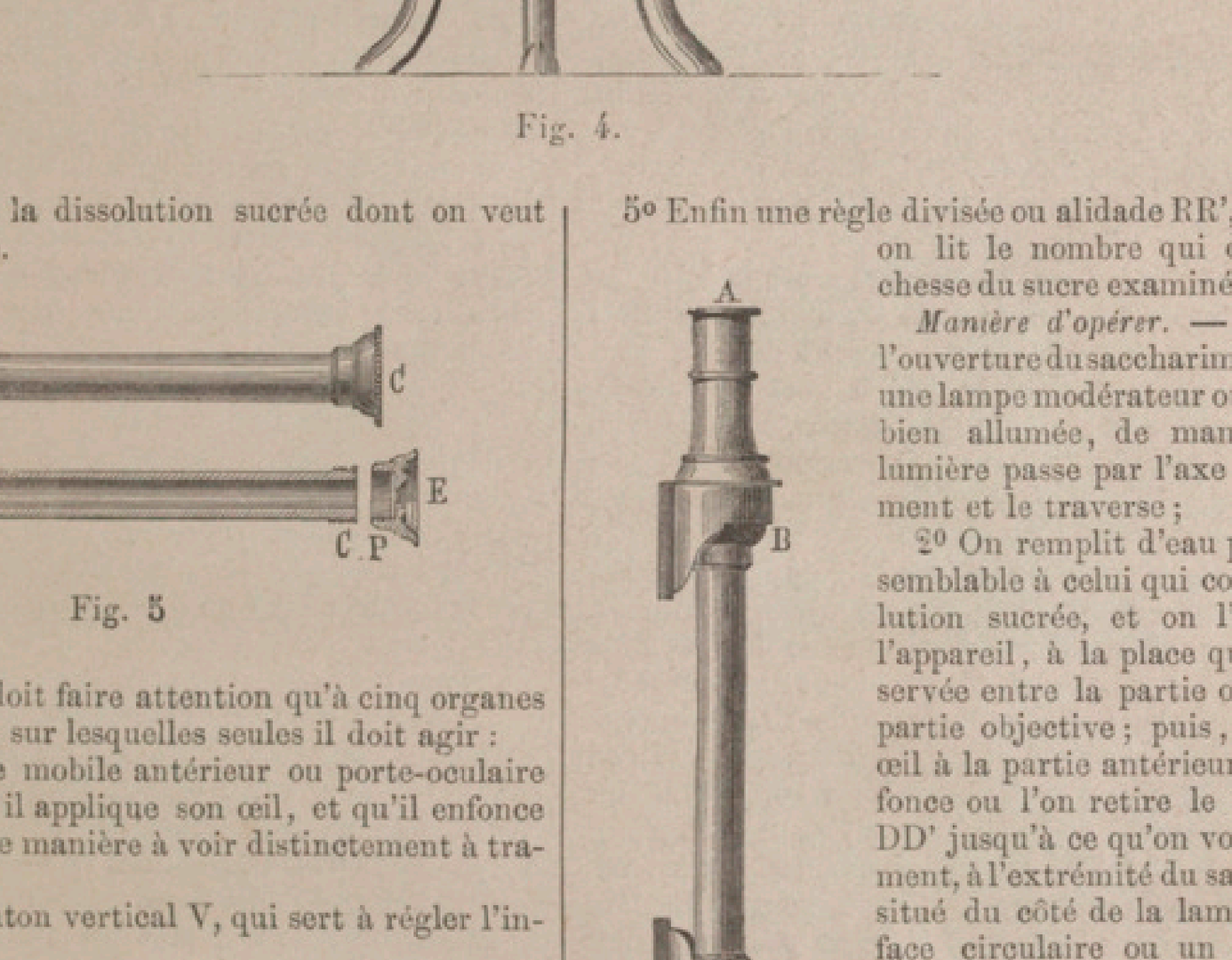


Fig. 4.

Fig. 5

L'opérateur ne doit faire attention qu'à cinq organes ou parties mobiles, sur lesquelles seules il doit agir :

1° Un petit tube mobile antérieur ou porte-oculaire DD', contre lequel il applique son œil, et qu'il enfonce ou retire vers lui, de manière à voir distinctement à travers le liquide ;

2° Un petit bouton vertical V, qui sert à régler l'instrument, à faire coïncider le zéro de l'échelle avec le zéro de l'indicateur (fig. 4) ;

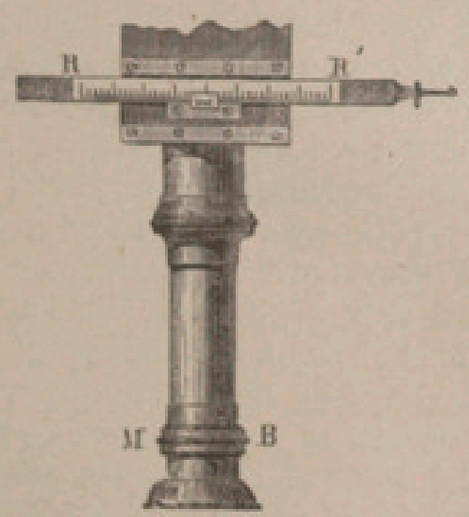


Fig. 6.

3° Un grand bouton horizontal H (fig. 4 et 7), par lequel on rend uniforme la teinte de l'objet de la vision;

4° Un anneau molleté B, à l'aide duquel on donne à ce même objet de la vision la teinte ou la couleur la plus propre à une évaluation précise ;

5° Enfin une règle divisée ou alidade RR', sur laquelle on lit le nombre qui donne la richesse du sucre examiné (fig. 4 et 6).

Fig. 7.

Manière d'opérer. — 1° Devant l'ouverture du saccharimètre on place une lampe modérateur ou toute autre bien allumée, de manière que la lumière passe par l'axe de l'instrument et le traverse ;

2° On remplit d'eau pure un tube semblable à celui qui contient la solution sucrée, et on l'insère dans l'appareil, à la place qui lui est réservée entre la partie oculaire et la partie objective ; puis, plaçant son œil à la partie antérieure D, on enfonce ou l'on retire le tube mobile DD' jusqu'à ce qu'on voie distinctement, à l'extrémité du saccharimètre situé du côté de la lampe, une surface circulaire ou un cercle rond partagé en deux demi-disques ou demi-cercles égaux, colorés chacun, soit d'une seule et même teinte ou nuance, soit de de deux teintes ou nuances différentes et séparées par

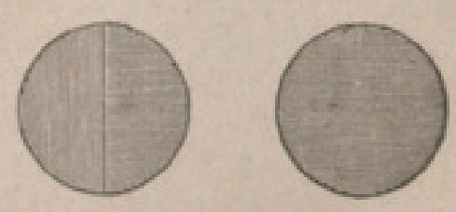


Fig. 8.

une ligne noire qui doit apparaître bien tranchée et bien nette (fig. 8);

3° Si, comme cela arrive en général, les deux demi-disques n'ont pas la même teinte, ne sont pas colorés de la même nuance, on tournera le grand bouton horizontal H, soit de gauche à droite, soit de droite à gauche, jusqu'à ce que les teintes ou couleurs des deux demi-disques soient parfaitement identiques et

que l'œil ne puisse discerner entre elles aucune différence ;

4° On fait tourner le bouton molleté B, soit de droite à gauche, soit de gauche à droite, jusqu'à ce que les deux demi-disques soient colorés de la teinte sensible. Si, quand on est arrivé à la teinte sensible, l'égalité de nuances n'était pas absolument parfaite, on la rétablirait en revenant au bouton horizontal H ;

5° On regardera si, sur la règle divisée, la ligne ou trait zéro coïncide exactement avec le trait ou la ligne noire de l'indicateur I. Si la coïncidence n'est pas parfaite, on l'établira en faisant tourner soit de haut en bas, soit de bas en haut, le petit bouton vertical V.

L'instrument alors est parfaitement réglé, et l'on peut procéder à la détermination de la richesse et du titre de la dissolution sucrée;

6° On retire le tube rempli d'eau et on lui substitue le tube rempli de la dissolution sucrée. En regardant après cette substitution, on verra que l'uniformité de teinte n'existe plus, que les deux demi-disques sont colorés de nuances différentes. On rétablit l'uniformité en faisant tourner le grand bouton horizontal, jusqu'à ce que les deux nuances soient parfaitement identiques.

Comme la solution sucrée est le plus souvent colorée, la teinte uniforme rétablie n'est pas, en général, la teinte sensible, à laquelle il faut cependant revenir et que la couleur propre de la dissolution a fait disparaître : on fera donc aussi tourner le bouton molleté pour ramener la teinte sensible ; cette teinte revenue, l'égalité des nuances des deux demi disques que l'on avait crue établie ne sera pas parfaite, et il faudra faire tourner encore une fois le bouton horizontal H pour qu'elle soit absolue ;

7° La teinte des deux demi-disques étant bien uniforme, bien égale, et cette teinte étant bien la teinte sensible, il ne reste plus qu'une chose à faire, c'est de regarder sur la règle divisée RR' à quel trait de l'échelle correspond le trait de l'indicateur, celle des divisions qu'il indique : le nombre correspondant à cette division donne immédiatement en centièmes le titre ou la richesse de la solution sucrée.

La méthode générale, qui sert de guide dans la pratique du saccharimètre, repose sur quelques données très-simples : 1° une dissolution aqueuse de 16gr.,35 de sucre candi pur et sec et d'un volume de 100 centimètres cubes, observée dans un tube de 20 centimètres, marque 100° au saccharimètre ; 2° il s'ensuit que pour essayer un sucre brut on doit en peser 16gr.,35, le faire dissoudre dans l'eau, le décolorer par l'acétate de plomb, porter le volume à 100 centimètres cubes, filtrer, puis faire l'observation; comme il peut se trouver du sucre incristallisable dans le sucre essayé, on prend 50 centimètres cubes du même liquide, et on y ajoute 5 centimètres cubes d'acide chlorhydrique pur et fumant; on chauffe jusqu'à + 68°, on laisse refroidir, on filtre et l'on fait l'observation, dont les résultats sont évidemment en sens inverse ; 4° pour l'analyse des mélasses, on procède exactement de la même façon et en deux fois avec la liqueur normale et avec la liqueur acidulée, mais on a la précaution d'agir avec un poids et un volume triples de ce que l'on fait avec le sucre pur; 5° pour les jus de canne à sucre ou vesous, on prend un poids donné de canne à sucre, dont on exprime le jus, et l'on procède également aux deux notations avant ou après acidulation; 6° on procède de la même façon pour le jus de betterave.

M. Clerget, qui a consacré de nombreuses années à l'étude de la saccharimétrie optique, a dressé des tables de résultats fort intéressantes, qu'il est malheureusement difficile de reproduire, mais on peut se dispenser de les consulter et obtenir par le calcul le pouvoir rotatoire et la richesse sucrière d'une solution observée au saccharimètre, en se servant de la formule suivante, indiquée par M. Moigno : soient T la température à laquelle on opère, S la somme ou la différence des déviations avant ou après l'inversion, la différence si elles sont du même sens, la somme si elles sont de sens contraire, P le pouvoir rotatoire, R la richesse saccharine ou la quantité de sucre contenue dans un litre de la solution, on a :

$$P = \frac{200\,S}{288 - T} \qquad R = \frac{P \times 16{,}35}{10} = P \times 1{,}635.$$

« A la température de + 15°, la déviation, avant l'inversion, étant de + 75°, après l'inversion de + 20°, on aura : S = 95 ; P = 69,307 ; R = 113,79. La table donne 70 et 114gr.,45. »

Une observation importante à faire à l'égard de la saccharimétrie optique, observation qui a même été l'objet de débats dans les assemblées législatives, repose sur ce fait que le résultat de l'observation varie suivant les observateurs, et que les résultats du même observateur peuvent encore varier suivant certaines dispositions matérielles ou morales, qui influent sur la vision, en modifient l'acuité, ou procurent des différences dans les teintes sensibles. On ne peut guère garantir les résultats de la saccharimétrie optique à une approximation plus grande que 1 ou 2 centièmes. En somme, le mode d'essai le plus certain pour le fabricant est l'essai par élimination ou le procédé de M. Péligot; le plus rapide, donnant également de très-bons résultats pour les matières dont la composition générale est connue est l'emploi du réactif de Frommherz, ou de la liqueur cupro-potassique. J'indique un peu plus loin d'une manière sommaire les procédés à suivre pour déterminer les matières différentes du sucre qui peuvent exister dans les jus à traiter en industrie, cette détermination étant de la plus haute importance manufacturière et devant être considérée comme une opération usinière préparatoire.

CULTURE DES PLANTES SACCHARIFÈRES.

Il n'existe aujourd'hui que la betterave, la carotte, la canne et le sorgho qui puissent être considérées comme des plantes saccharifères de grande culture, et ce qui suit sera appliqué spécialement à ces plantes, avec d'autant plus de raison qu'il n'est pas probable que d'ici à une longue série d'années d'autres plantes sucrières importantes se présentent à l'exploitation.

En ce qui concerne l'étude du sol en général, de ses éléments constituants, des conditions de fertilité des sols, tant par leur composition que par les engrais et les amendements, l'article agriculture du présent Dictionnaire fournit des notions très-suffisantes, et il est à peu près inutile de revenir ici sur ces questions.

A un point de vue plus spécial et relativement aux conditions agricoles à réaliser pour la production du sucre prismatique, il convient de choisir les terres fraîches, riches en humus, plutôt sablo-calcaires qu'argileuses, pour y cultiver les plantes à sucre. Avant toutes choses, on doit éviter les terrains trop riches en matières azotées non décomposées, ou en sels alcalins solubles, et surtout en chlorures. Cela tient à la facilité avec laquelle les plantes sucrières s'assimilent les alcalis, dont la présence est extrêmement nuisible aux opérations de l'usine et à la production saccharine elle-même. Il convient de se rappeler, en outre, que les engrais trop azotés, les excitants trop énergiques, conduisent à l'augmentation du volume des plantes saccharines et, en même temps, à la diminution de la richesse sucrière.

L'ameublement du sol à une aussi grande profondeur que possible est une des conditions indispensables à cette culture, les plantes saccharifères ayant besoin d'un sol très-perméable à quelque point de vue que l'on se place. De même, une des plus grandes fautes qui aient été commises sous ce rapport consiste dans le défaut d'assolement, grâce auquel les plantes arrivent à

SUCRE.

la dégénérescence par l'appauvrissement du sol, et qui conduit directement à une diminution progressive dans les rendements culturaux.

En ce qui concerne les engrais favorables aux plantes sucrières, on doit rejeter tous les engrais essentiellement azotés, et les excitants ne devront être employés qu'à une faible dose reconnue utile par l'expérimentation. Les chiffres de C.-W. Johnston donnent à ce sujet des détails intéressants, appliqués au froment, mais que l'on peut parfaitement rapporter à toutes les plantes sucrières, dont le produit essentiel, le sucre, est du même groupe que l'amidon. Suivant cet observateur :

Les *engrais végétaux* ont fourni 60 d'amidon et 10 de gluten.

Le fumier d'étable a produit	62	d'amidon et	12	de gluten.
— de cheval	—	62	—	14	—
— de mouton	—	42	—	33	—
Le sang	—	41	—	43	—

Pour la betterave, l'avantage des racines petites ou moyennes est très-marqué par rapport aux grosses racines, et tous les observateurs conviennent que le sol ne doit être fumé que l'année qui précède sa culture ; que, sur fumier neuf, elle acquiert plus de volume, mais aux dépens de la matière sucrée. Payen lui-même, après avoir professé l'opinion contraire par rapport à la canne, déclare la même chose, et il ajoute qu'un excès de substances azotées et salines dans le sol rend très-difficile l'extraction du sucre.

Le guano ne peut être employé qu'à titre d'excitant, et à la faible dose indiquée par l'expérience.

La carotte, dans le cas où l'on aurait à la cultiver pour sucre, se trouve placée dans les mêmes conditions.

Il est reconnu pour la canne à sucre que les pailles et les engrais enfouis en vert sont la fumure par excellence de cette plante, que les sels minéraux lui sont nuisibles, mais qu'elle redoute surtout les matières animales ou les engrais trop azotés, et que, si le guano lui fait acquérir un grand développement, c'est au détriment de la valeur sucrière. La canne redoute les matières salines autant que la betterave, et cette affirmation est le résultat d'expériences positives.

De même encore, le sorgho ne veut qu'une vieille fumure ou des engrais enfouis en vert, des débris végétaux, et redoute les engrais ammoniacaux ou azotés et l'excès inutile de matières salines.

Les plantes saccharines requièrent impérieusement la destruction des mauvaises herbes, la plus grande propreté, et des binages réitérés produisant une bonne aération du sol.

En ce qui concerne la récolte des plantes sucrières, elle ne doit se faire, sauf les cas d'accidents ou d'intempéries, que lorsque ces plantes ont atteint leur maximum de richesse saccharine, c'est-à-dire lorsque leur jus cesse d'augmenter de densité.

Les principes à appliquer pour la conservation des plantes sucrières se bornent à empêcher la fermentation, c'est-à-dire à procéder par abaissement de la température au-dessous de + 5°, par élimination du ferment, des matières albuminoïdes ou de l'eau, par l'action du froid et la soustraction de l'air.

Culture de la betterave. — La betterave paraît avoir été introduite d'Italie en France vers 1595, suivant Olivier de Serres. Elle appartient au genre *bette*, de la famille de Chenopodées (pentandrie digynie de Linné). On en connaît un très-grand nombre d'espèces, parmi lesquelles il convient de signaler seulement la betterave de Silésie, betterave à sucre française (acclimatée), blanche à collet vert; la jaune blanche de Castelnaudary, la jaune pâle à chair blanche... J'ai trouvé plusieurs fois une très-grande richesse sucrière dans la jaune longue, la jaune ovoïde des Barres, et la jaune globe. Les races allemandes sont très-riches, mais ne produisent qu'un petit rendement en poids par hectare. Les principales variétés de ces races sont : la blanche allemande à collet vert, la blanche de Magdebourg, la blanche de Breslau, la blanche impériale, la blanche électorale.



Fig. 9.

On connaît sous le nom de betteraves acclimatées des betteraves allemandes auxquelles la culture a fait



Fig. 10.

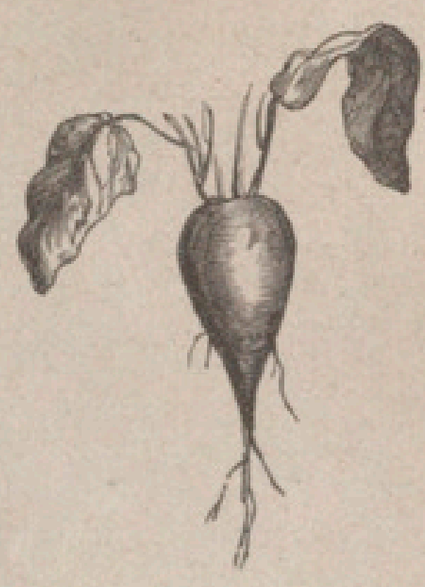


Fig. 11.

prendre plus de volume sans trop en abaisser la richesse; on peut obtenir le résultat inverse avec la race française par sélection, et en augmenter la richesse sucrière sans en diminuer le volume. C'est ce qui résulte, d'ailleurs, des observations et des expériences de M. Vilmorin.



Fig. 12.

Au point de vue de la division pratique, on peut ranger toutes les betteraves en quatre groupes principaux, suivant les formes de la racine, lesquelles sont représentées par les types des figures 9, 10, 11, 12.

En ce qui concerne la structure anatomique de la betterave, il est utile de savoir que cette plante est d'autant plus riche en sucre qu'elle est plus abondante en zones concentriques vasculaires, très-reconnaissables à leur coloration blanche, que la portion supérieure des racines, qui a crû hors de terre, que le collet renferme très-peu de sucre et beaucoup plus de sels que les autres portions ; mais il ne semble pas que l'importance attribuée par les Alle-

SUCRE.

mands à la configuration des feuilles puisse être l'objet d'une observation sérieuse.

La betterave à sucre aime une terre franche, plutôt sablonneuse, perméable, pauvre en matières minérales et riche en humus, et aussi profonde que possible. On doit repousser les terres salpêtrées, riches en matières salines et surtout en chlorures alcalins.

Le sol doit être préparé aussitôt après la moisson par un labour préparatoire ; puis, avant l'hiver, par un second labour plus profond ; enfin par un labour de printemps, suivi d'un hersage. M. de Valcourt a conseillé la culture en billons, que M. Decrombecque a pratiquée avec succès.

Avant tout, la terre à betterave doit être assainie, être très-perméable et riche en humus. L'expérience a démontré les bons effets de l'acide phosphorique et des phosphates employés comme amendement, mais les véritables observateurs sont unanimes pour rejeter les chlorures et les alcalis, qui sont toujours plus nuisibles qu'utiles.

La betterave doit être cultivée sur vieille fumure, et l'engrais auquel on doit donner la préférence est le fumier de ferme, à la dose de 50,000 kilogrammes par rotation de quatre ans. Les engrais verts sont très-utiles à la betterave, mais le guano doit être rejeté de sa culture de la manière la plus absolue. M. Corenwinder considère cette matière non-seulement comme un mauvais engrais, appauvrissant les betteraves, mais encore comme la cause de la plupart des difficultés de travail rencontrées dans les usines (1).

La terre ayant été bien préparée, on procède à l'ensemencement du 15 avril au 15 mai, et même un peu plus tôt, si la température le permet, si l'on n'a pas à craindre les dernières gelées du printemps.

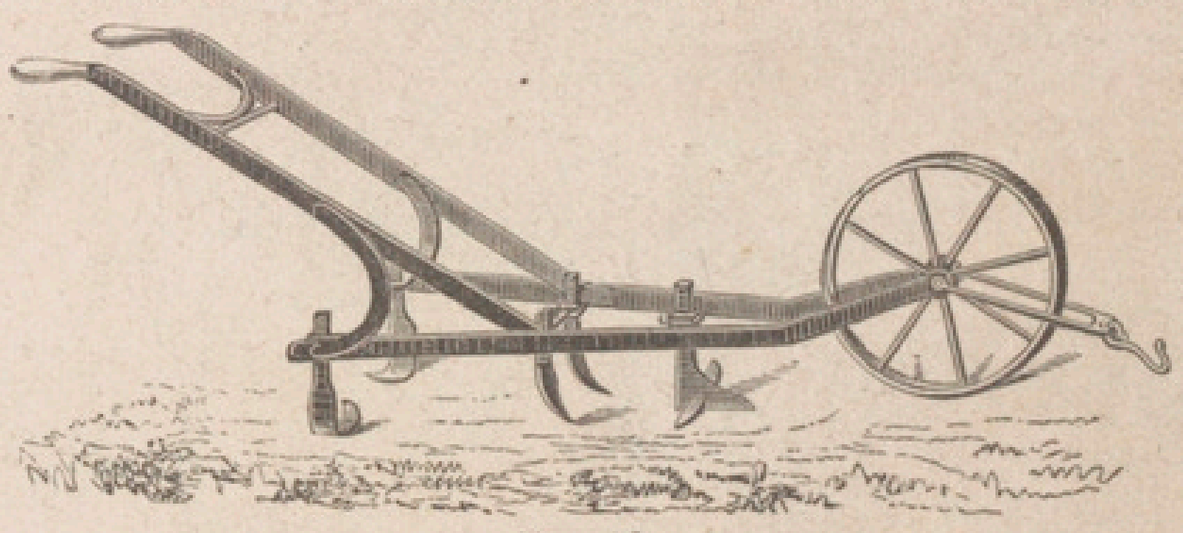


Fig. 13.

On se procure de la semence provenant d'une bonne espèce sucrière, on la débarrasse par le frottement ou par une opération mécanique des aspérités, et après l'avoir fait tremper pendant 48 heures, dans de l'eau ou du jus de fumier étendu, ou de l'eau de chaux, ou de la dissolution de salpêtre (5 p. %), dans un mélange d'eau et d'urine, ou une dissolution de phosphate acide de chaux, on la praline avec de la chaux éteinte ou des phosphates en poudre. Puis on sème, soit à la volée, soit en rayons, en demeure ou en pépinière. Le semis sur place en rayons est préférable pour la fabrication sucrière, et les rayons sont écartés de 45 à 50 centimètres pendant que les graines sont placées de 25 à 35 centimètres l'une de l'autre. Cette opération peut s'exécuter à la main derrière le rayonneur, ou au semoir. Il vaut mieux employer une quantité de graine un peu plus considérable pour éviter les manquements. Le semis à la main, en lignes, demande 3 kilogrammes, l'ensemencement au semoir 6 kilogrammes, et le semis à la volée 12 kilogrammes au moins.

Quand on sème en pépinière pour replanter ensuite, on emploie de 30 à 40 kilogs par le semis à la volée pour un hectare, et il faut compter un hectare de pépinière pour 12 ou 15 hectares de transplantation.

La profondeur la plus utile pour l'ensemencement est d'environ 13 millimètres.

Dans le cas de semis en pépinière, les jeunes racines seront transplantées dans un terrain bien préparé et bien meuble, vers la fin de mai, lersqu'elles ont acquis la grosseur du petit doigt. On a soin de conserver autant que possible le pivot et de couper les feuilles à 10 centimètres du collet. La plantation se fait à une distance de 25 à 30 centimètres dans tous les sens. On peut faire cette opération au plantoir, à la bêche ou à la charrue.

La betterave est une des plantes qui exigent le plus de façons et de binages. Les betteraves semées sur place doivent être sarclées aussitôt qu'elles ont trois ou quatre feuilles, et l'on bine le plant repiqué aussitôt qu'il est bien repris. Il faut à la betterave au minimum une surface de 6 décimètres carrés, et le maximum correspond à 18 décimètres carrés. La moyenne entre ces deux chiffres est extrêmement convenable pour les races françaises. On exécute un second binage lorsqu'on a éclairci les plants pour les mettre à distance convenable, puis on en fait un troisième vers la fin de juillet. Il a été reconnu d'ailleurs que le buttage est très-avantageux aux betteraves destinées à la sucrerie, mais que ces racines ne doivent pas être effeuillées, sinon 8 ou 10 jours avant l'arrachage. On comprend que ces cultures puissent être exécutées à la charrue dans la culture en lignes et, parmi les engins usités, la houe à cheval (fig. 13) est un des plus convenables et des plus commodes.

On a observé que la quantité de chaleur nécessaire à la betterave, depuis l'ensemencement jusqu'à la maturité, est de 3000° à 3150°. La température moyenne du climat de Paris, d'après Bouvard, fournit 3239° du 10 avril au 31 octobre. Il a été constaté que les betteraves sont moins riches dans les années qui n'atteignent pas le chiffre normal de 3000°.

En général, la richesse saccharine des betteraves est en raison inverse de leur grosseur. D'autre part, il a été reconnu par les observations de M. Péligot, par celles de Scheibler, que la proportion du sucre s'élève avec la durée du séjour de la racine en terre.

On doit arracher les betteraves aussitôt qu'elles sont mûres, c'est-à-dire lorsque leur richesse sucrière cesse de s'accroître, et que la végétation s'arrête, ce qui est indiqué par les feuilles, qui jaunissent et se fanent. On enlève la fane en la tordant, puis on extrait les racines, soit à la main, soit à l'instrument, à la bêche ou à la charrue, suivant les cas ; on évite de les froisser en détachant la terre, et on les laisse pendant quelques jours sur le sol, si la gelée n'est pas à craindre, afin de les faire sécher. Dans le cas contraire, on les transporte sous un hangar, où on en opère le triage pour séparer les racines altérées et meurtries.

L'usage général en France est de conserver les betteraves en silos, mais la règle fondamentale est de les maintenir à une température moyenne de + 6° à + 7°, en les soustrayant à l'humidité, et en les aérant d'une manière convenable. En somme, les moyens de conservation applicables suivant les cas sont la dessiccation en cossettes, la congélation, vers — 4° ou — 5°, dans les pays où elle est possible, la mise en tas, la conservation en magasins, en caves, hangars ou celliers, et l'en-

(1) Les lecteurs qui seraient désireux d'approfondir la question culturale relativement aux plantes sucrières, et pour lesquels ces données sommaires seraient insuffisantes, peuvent consulter le livre très-complet et très-détaillé consacré à cette étude dans le *Guide du Fabricant de sucre*, vol. I, p. 269 et suiv.

SUCRE.

silage. J'ai indiqué il y a fort longtemps l'interposition du poussier de charbon comme un excellent moyen de conservation des racines. Th. de Saussure et M. Stenhouse l'ont également préconisée.

En Russie, à cause de l'âpreté de l'hiver, on préfère conserver les racines dans des caves installées spécialement pour cet usage. En France, on emploie de préférence la mise en tas, ou l'ensilage. La première de ces deux méthodes est assez peu avantageuse, l'action des gelées se faisant sentir plus aisément dans cette condition, et les betteraves étant exposées à subir la putréfaction.

L'*ensilage* des betteraves se pratique de la manière suivante :

A la partie la plus élevée du champ, inaccessible aux eaux provenant des pentes voisines, on creuse un fossé de 1m,50 de largeur moyenne sur 1m,20 environ de profondeur, et une longueur arbitraire. La fig. 14 ci-dessous

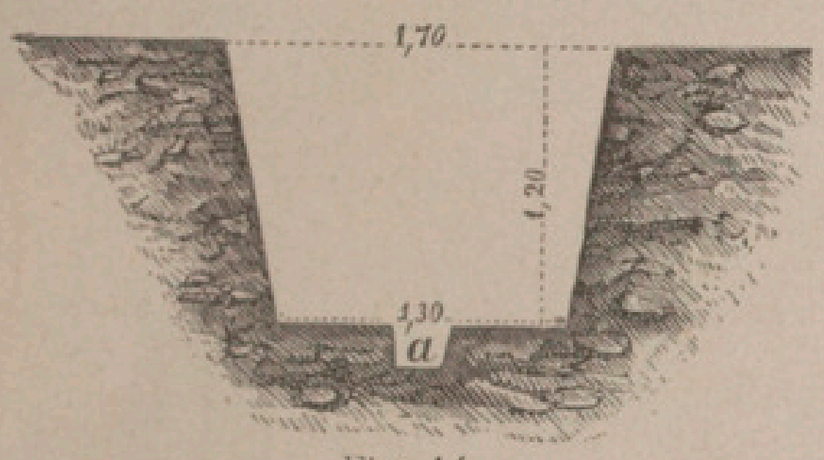


Fig. 14.

donne une coupe transversale de ce fossé. Dans le fond, on pratique un fossé plus petit ou une rigole *a*, qui règne dans toute la longueur, et à laquelle on donne environ 30 centimètres de largeur et de profondeur. Cette rigole sert de carneau d'écoulement pour les gaz et pour les eaux qui pourraient pénétrer accidentellement dans le silo. On la remplit de fascines, dont on dispose également une couche de 10 centimètres dans le fond même du silo.

Cela fait, on place les betteraves dans le silo, avec le plus de régularité possible, en mettant les plus grosses en dessous : on a soin de dresser à chaque extrémité, et de 2 mètres en 2 mètres, une fascine ou un clayonnage vertical, qui repose sur la fascine de la rigole *a* et s'élève jusqu'au sommet du tas. Cette fascine est destinée à servir de cheminée d'aération. Lorsque les racines sont placées jusqu'au niveau du sol, on continue le tas au-dessus de ce niveau, mais en le disposant en forme de toit, comme l'indique la figure 15. Cette figure fait

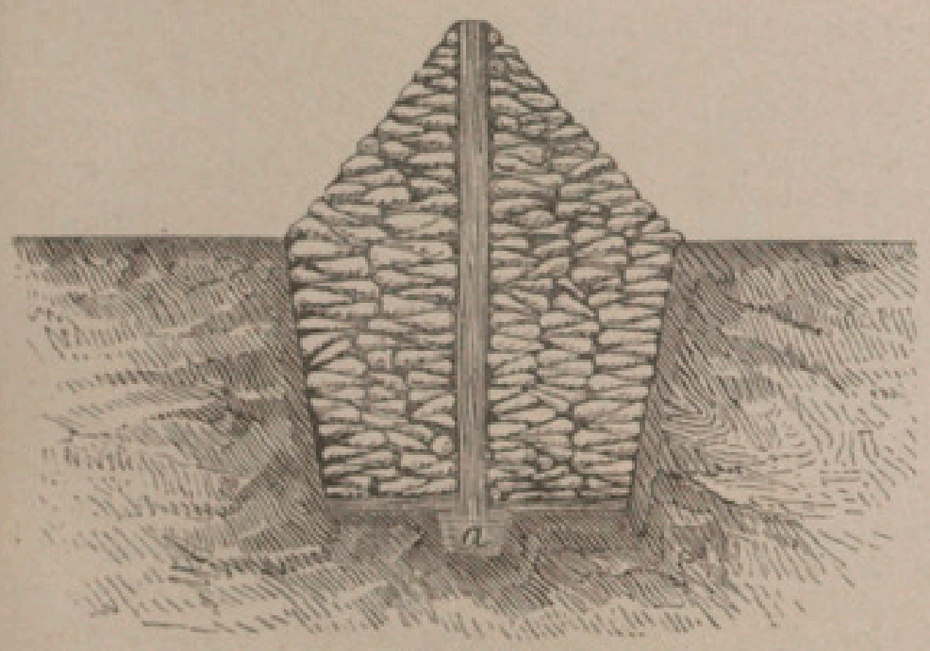


Fig. 15.

également apercevoir la disposition d'un clayonnage vertical servant de cheminée d'aération.

Lorsque les choses sont ainsi exécutées, on recouvre la partie hors de terre, formant toit, à l'aide de 30 centimètres de terre que l'on bat fortement avec le dos de la pelle, en commençant par le bas. On établit alors de chaque côté une rigole parallèle au silo et qui est destinée à l'écoulement des eaux, en sorte que la coupe définitive peut être parfaitement représentée par la figure 16. Un orifice *b* reste découvert au-dessus de

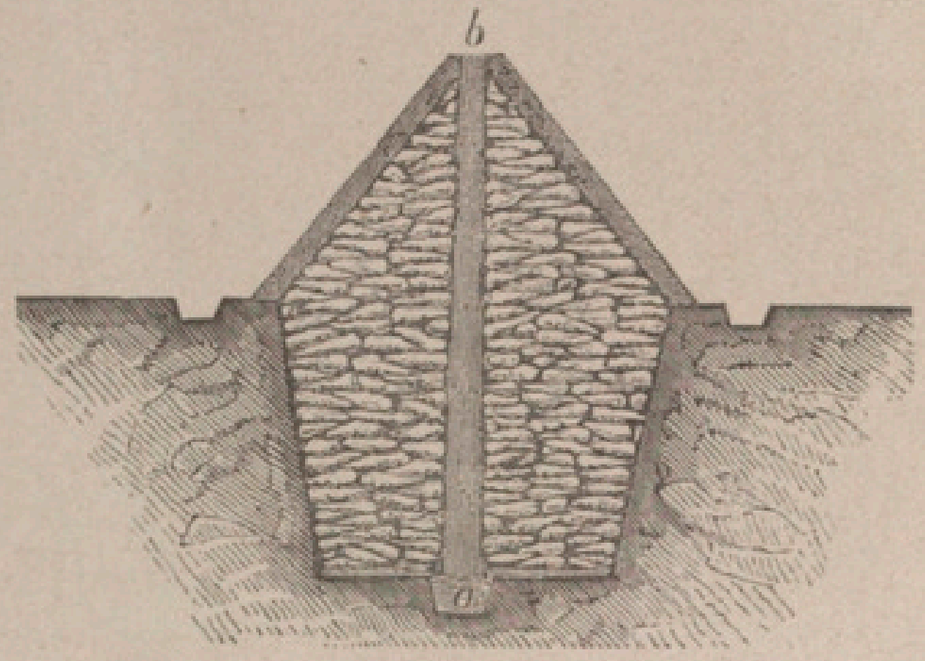


Fig. 16.

chaque cheminée d'aération. Ces orifices, ainsi que les deux extrémités de la rigole *a*, correspondant aux cheminées d'aération, sont bouchés pendant les froids à l'aide d'un tampon de paille, appliqué avec soin ; mais on a soin d'enlever ces bouchons toutes les fois que le temps le permet.

Ce mode de conservation serait le plus convenable et le plus parfait, si l'on avait soin d'interposer entre les betteraves du poussier de charbon de bois ou du tan. Il est indispensable de laisser les betteraves découvertes ou très-peu couvertes, jusqu'à ce que les tas soient refroidis et bien ressués; c'est alors seulement que l'on procède à la couverture à l'aide de la couche de terre indiquée par la figure 16.

La betterave doit être assolée et une des plus grandes fautes que l'on ait commises a consisté à la cultiver en grand nombre d'années de suite sur le même sol. Sa véritable place dans une rotation est après un blé fumé, ou avant un blé et après un chanvre ou un colza fortement fumé. Elle succède également très-bien aux féverolles fumées et à toutes les plantes qui exigent un engrais considérable. La betterave est une des meilleures préparations pour le froment.

Le rendement de la betterave par hectare pourrait être très-considérable, en admettant les moyens d'une culture rationnelle et sérieuse : on a obtenu plus de 80000 kilogrammes en Silésie. Aujourd'hui le rendement ne paraît pas dépasser la moyenne pratique de 45000 kilogrammes. Les frais de culture s'élèvent au maximun à 10 fr. aux mille kilog. sur ce rendement, et une récolte plus abondante conduit nécessairement à une diminution de ce chiffre. En fait, le prix de revient rapporté au sucre est à peu près le même en France qu'en Allemagne, soit d'environ 20 fr. par sac de sucre pendant qu'il atteint 27 fr. en Russie. Le produit en sucre d'un hectare peut varier suivant le rendement cultural, et à la richesse moyenne de 10, 5 %, de 2000 à 5000 kilog. par hectare.

Les expériences de M. Vilmorin ont démontré que la betterave est extrêmement docile aux améliorations qu'on veut lui faire atteindre, mais la réciproque est vraie, et il est peu de plantes qui soient aussi sensibles à l'influence de la culture et des engrais. (1).

(1) En ce qui concerne la culture de la carotte, et surtout de la carotte blanche, qui pourrait rendre de très-grands services comme succédanée de la betterave, comme cette culture n'a pas encore été adoptée par la fabrication sucrière, le lecteur pourra se reporter à ce qui a été dit dans le *Guide du Fabricant de sucre*, vol. I, p. 623 et suiv.

CULTURE DE LA CANNE A SUCRE. — La canne à sucre (fig. 47) est une grande et belle plante de la famille des graminées, du genre saccharum, et de la tribu des andropogonées. La disposition particulière des feuilles engainantes et opposées, genouillées au point où elles se séparent de la gaîne, et celle des bourgeons axillaires, placés au niveau des nœuds, est indiquée par les figures 48, 49 et 20, et ces figures, dessinées d'après nature, permettent d'éviter une description aussi longue que fastidieuse. Lorsque la canne est arrivée au terme de sa croissance, il s'élance de son sommet un jet allongé, surmonté par une panicule de fleurs blanchâtres (fig. 21), et ce jet porte aux colonies le nom de flèche. Les tiges de la canne ne sont pas creuses, comme cela arrive dans beaucoup de graminées; le tissu en est plein, rempli d'une moelle spongieuse, traversée longitudinalement par des faisceaux vasculaires très-nombreux, dont on peut apprécier la disposition par les figures 22 et 23. En ce qui concerne la structure de cette plante, on remarque entre la périphérie et le centre un vernis extérieur, formé de cérosie ; l'épiderme ; une masse de tissu cellulaire traversée par les faisceaux vasculaires ; ceux-ci plus abondants vers la périphérie. Le tissu cellulaire renferme le sucre, mais on trouve des granules d'amidon dans les jeunes tiges et dans les parties non mûres,



Fig. 47.

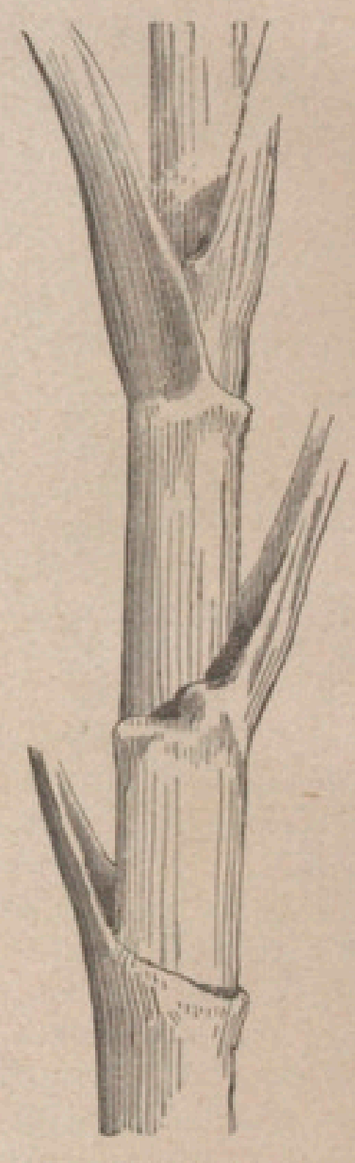


Fig. 48.

et dans la flèche même, en sorte que les observations faites sur cette plante semblent conduire à cette conclusion que le sucre prismatique dérive du glucose par une simple déshydratation, laquelle est produite par la maturation de la plante. On remarque que cette observation est contraire aux conclusions de M. Péligot, qui accusait seulement du sucre cristallisable dans la canne, mais qui n'avait probablement pas expérimenté sur des parties non mûres, et à différentes époques de la végétation.

Les principales variétés cultivées de la canne à sucre sont : la *canne violette*, la *batavia* ou *violette à rubans*, la *canne verte à rubans*, la *canne d'Otaïti* et la *canne de Bourbon*, ou *canne créole*. La canne violette à rubans ou canne de Batavia est très-vigoureuse et paraît résister le mieux aux intempéries. C'est ce qui semble résulter de la culture des États-Unis, et ce que j'ai pu constater moi-même dans des expériences suivies à Paris.

La canne végète très-bien dans les terres fortes, basses ou humides, mais elle y devient moins riche en sucre et renferme plus de sucre liquide. En partant à la fois des principes et de l'expérience, on trouve qu'il faut à la canne une terre riche en humus, substantielle, profonde.

très-meuble ou facile à ameublir, d'une humidité moyenne, comme les sols légers d'alluvions argilo-

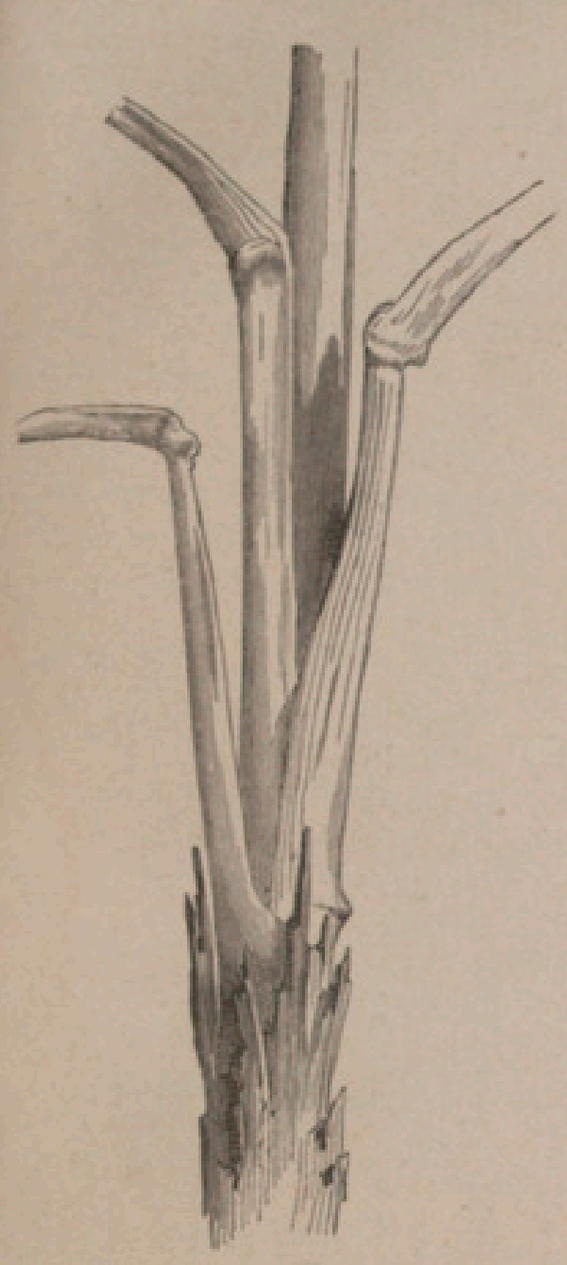


Fig. 19.



Fig. 20.

sablonneux et riches en débris végétaux. Elle craint les terres *neuves*, nouvellement défrichées et, au point



Fig. 21.

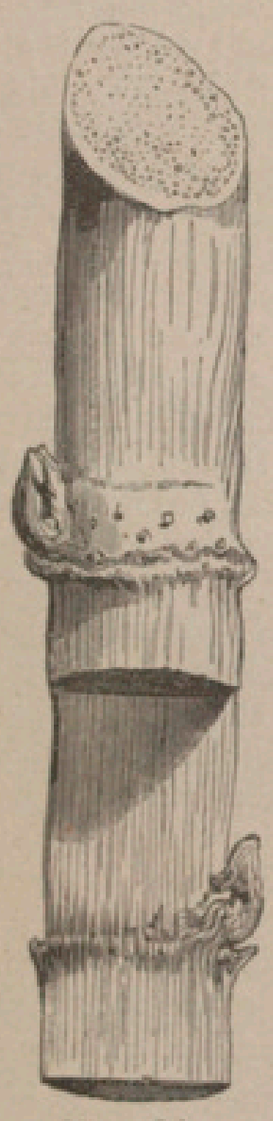


Fig. 23.

de vue de la production sucrière, il est préférable de la cultiver sur des vieilles terres, malgré les préjugés de certaines localités. Dans beaucoup de contrées, on pratique l'écobuage des terres neuves, destinées à la canne, et cette opération est très-profitable en ce qu'elle fait disparaître l'excès de l'ammoniaque et des matières azotées.

En général, on partage les terres en pièces carrées, aboutissant au chemin d'exploitation, et séparées entre elles par des intervalles de 5 à 7 mètres. Dans ces

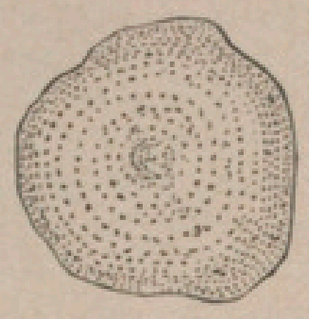


Fig. 22.

pièces, on creuse à la houe des fosses de 0m,45 à 0m,50 de long sur 0m,35 de large et 0m,16 à 0m,20 de profondeur. La terre qui en provient est mise à côté pour recouvrir plus tard la jeune plante, à peu près comme nous agissons dans la culture des asperges.

Il faut très-peu de matières minérales à la canne, bien qu'elle puisse les absorber en proportion assez notable. C'est surtout une plante à silice. Ses principaux besoins correspondent à la nécessité de l'air et de la lumière pour les parties aériennes, à un grand assainissement du sol, un ameublissement convenable, et beaucoup de perméabilité quant aux portions souterraines. La composition de ce sol sera toujours bonne, si elle se rapproche de la moyenne générale. L'emploi des amendements pour la canne est soumis à des règles d'expérience et de sens commun, en vertu desquelles on doit admettre que si l'argile calcinée et pulvérisée, le chaulage, le marnage, l'addition de phosphates, peuvent être très-utiles, l'usage des cendres crues, des platras et autres matières riches en principes salins doit être proscrit.

Les meilleurs engrais pour la canne sont les pailles de la plante, les engrais verts, le fumier et les composts formés surtout de bagasses épuisées. Quant au guano, toutes les observations sérieuses portent à le proscrire d'une manière absolue, et il en est de même des engrais liquides, à moins qu'on ne les emploie à très-faible dose, et comme excitants, dans la préparation des composts. Le mode d'application des engrais varie nécessairement suivant la méthode de culture employée, mais il importe de recouvrir toujours la substance fertilisante.

L'époque de la plantation de la canne doit se choisir de manière à donner à la plante la plus longue durée possible, et de façon que, dans le cours de sa végétation, elle puisse profiter, pour son développement, de la saison humide, et pour sa maturation, de la saison sèche. Aux Antilles, on plante du commencement de septembre à fin décembre, de janvier à avril et du milieu d'avril au milieu de juin. La meilleure règle consisterait à suivre les idées de M. de Caseaux, et à planter en mai pour récolter un an plus tard.

Les cannes se reproduisent de rejetons ou de boutures, que l'on doit choisir aussi robustes que possible ; les yeux doivent en être bien portants et vigoureux, et provenir d'un tronçon bien développé. On doit éviter les entre-nœuds du sommet comme trop tendres et trop aqueux.

Les boutures ou les œilletons et rejetons de canne se plantent au plantoir, à la houe, à la charrue, en carré, en quinconce, en ligne, en fosse ou sur ados. La plantation peut se faire dans la verticale ou obliquement, ou encore horizontalement dans les fosses. Quand on plante en lignes, continues ou interrompues, soit à la charrue, soit à la main, il est bon de faire déposer l'engrais dans le fond du sillon, de le recouvrir d'un peu de terre et d'y planter ensuite les boutures ou les œilletons. On recouvre avec de la terre très-meuble sur une épaisseur de 10 à 12 centimètres. En somme, ce qu'on peut faire de mieux consiste dans la plantation en lignes

continues, à 0m,25 ou 0m,30 de profondeur, que l'on fera suivre d'un remplissage progressif en temps utile. Il faut compter employer de 7 à 8000 kilogrammes de cannes pour la plantation d'un hectare.

Au bout de 8 à 10 jours, dans de bonnes conditions, on commence à voir sortir les bourgeons des plantations (fig. 24). Si les cannes ne reprennent pas toutes, on rem-



Fig. 24

place les manques; cette opération se nomme le recourage. Les autres soins de culture consistent dans deux ou trois binages, des sarclages, le buttage. Celui-ci ne doit pas dépasser 0m,25 à 0m,35 d'élévation verticale, mais avoir la plus large base possible.

Il importe également beaucoup au succès des plantations de cannes de pouvoir leur distribuer une dose d'humidité suffisante par des irrigations convenables. C'est le seul moyen d'éviter les retards dans la maturation, qui proviennent le plus souvent d'une reprise de la végétation, sous l'influence de la moindre pluie qui survienne à l'époque qui précède la coupe.

S'il est d'une mauvaise pratique d'enlever les feuilles vertes, il est très-utile de pratiquer l'effeuillage des feuilles sèches, afin de hâter la maturité des nœuds correspondants, mais je crois que la plus grande faute que l'on puisse commettre par rapport à la canne consiste dans l'abus des plantations intermédiaires, lorsque les lignes ne sont pas très-distancées.

La récolte de la canne doit se faire lorsqu'elle a atteint sa maturité industrielle, c'est-à-dire quand elle renferme le maximum de sucre cristallisable. Cette circonstance se présente un an, quinze mois ou même seize ou dix-huit mois après la plantation. Le colonel Codazzi a fourni à cet égard une donnée intéressante. Suivant cet observateur, la canne mûrit en douze mois par une température moyenne de + 25°,6; en quatorze mois par + 23°,2 et en seize mois par + 19°,2. On a émis l'opinion que les rendements en sucre sont proportionnels à la durée de la végétation, ce qui peut être exact dans certains cas, mais cependant ne doit pas être pris comme règle absolue. Suivant M. de Caseaux, un nœud est mûr lors de la chute de la feuille qui lui appartient et la canne ne gagnerait plus rien après le treizième mois. L'émission de la flèche n'est pas un indice certain de maturité, et souvent même cette circonstance correspond avec une plus mauvaise qualité du jus et une plus grande difficulté dans le travail.

Les nœuds de la canne mûrissent à partir du sol, c'est-à-dire en raison de leur âge, et la partie supérieure peut encore être en pleine végétation, lorsque les nœuds inférieurs ont dépassé la limité de la maturité. Les cannes folles venant de terres neuves, les flèches et les amarres, les cannes passées ou grillées, sont peu propres à la fabrication,

On n'a pas encore de moyens industriels sanctionnés par l'expérience pour conserver les cannes coupées, et en raison de l'altération rapide qui les fait entrer en fermentation, le mieux à faire est de traiter cette plante au fur et à mesure de la récolte.

On coupe les cannes par le pied, à l'aide d'un coutelas, et suivant une section oblique; on les divise en tronçons de 1 mètre à 1m,30; on les réunit en bottes, que l'on transporte aussitôt à l'usine. Il va sans dire que l'on supprime avec soin, à ce moment, les flèches au niveau du dernier nœud dont la feuille est tombée, le jus des portions supérieures non mûres ne pouvant que nuire à la fabrication.

La production moyenne d'un hectare de cannes est d'environ 70,000 kilogrammes en matière exploitable, avec une bonne culture, mais elle est souvent très-inférieure à ce chiffre, bien qu'il ait été démontré qu'on peut le dépasser beaucoup avec des soins bien entendus.

Le prix de revient des mille kilogrammes de canne peut être évalué en moyenne à 7 francs, dans des conditions rapprochées des cultures européennes.

Aussitôt après la récolte, il faut s'empresser d'ameublir le sol près des lignes, de réparer les accidents de la coupe sur les touffes, de rechausser les plantes, après leur avoir fourni les engrais et les amendements utiles; mais il va de soi qu'on ne peut vaquer à ces opérations qu'après avoir soigneusement enlevé les pailles et les amarres provenant du travail de la coupe. Ce n'est qu'à l'aide de soins sérieux et de l'adaptation, dans les limites du possible, des méthodes de la culture moderne, que l'on peut parvenir à conserver en bon état une plantation de cannes pendant une longue série d'années, sans être obligé de recourir à la mesure barbare du défrichement. J'ai conseillé le renouvellement partiel à l'égard de la canne à sucre, pour laquelle il me paraît aussi profitable que pour la vigne, pourvu que les lignes de culture soient suffisamment espacées.

Déjà la culture de la canne a fait en Algérie des progrès considérables, et dans un nombre d'années assez limité, il est à espérer que notre colonie africaine pourra prendre rang parmi les pays producteurs de sucre. J'ajouterai toutefois que les cannes d'Algérie sont moins riches en sucre cristallisable et renferment plus de glucose que les cannes des Antilles, ce qui nécessite plus de soins à la récolte et une élimination plus attentive des parties non mûres, que l'on peut, du reste, utiliser par la distillation.

CULTURE DU SORGHO SUCRÉ. — La canne à sucre du nord de la Chine (*holcus saccharatus*) est une graminée de la tribu des phalaridées (fig. 25), dont la racine persistante est douée d'une très-grande vitalité. Cette plante a été introduite en France par M. de Montigny en 1851.

Les observations culturales relatives à la betterave et à la canne s'appliquent en grande partie au sorgho quant au choix du sol, aux engrais et à la préparation de la terre.

La graine de sorgho, après avoir été trempée dans l'eau pendant un jour ou deux, se sème en lignes ou à

la volée, d'aussi bonne heure que possible, c'est-à-dire dès que les gelées ne sont plus à craindre, soit dans la



Fig. 35.

première quinzaine d'avril, afin de donner à la plante la plus longue végétation possible. On peut même semer en pépinière dès le mois de mars, pour repiquer lorsque la plante a atteint une hauteur de 0m,15.

Le semis de sorgho ne commence à lever qu'au bout de dix à quinze jours. On sarcle lorsque la plante a atteint 0m,10 à 0m,15, et l'on donne un second binage un mois après. Une ou deux irrigations sont utiles, pourvu qu'elles soient pratiquées avec modération. Chaque graine produit de six à huit cannes de deux à quatre mètres de hauteur, et dont le diamètre inférieur peut atteindre 0m,02 à 0m,03. Les épis ont de 0m,15 à 0m,40 et fournissent de 5 à 100 grammes de graine.

Le sorgho demande cinq à six mois pour arriver à sa maturité, qui s'annonce par la couleur violet foncé de la graine. La récolte se fait en coupant les cannes à mesure de leur maturité, et en supprimant les parties supérieures et la flèche.

Cette plante doit être traitée à mesure de sa récolte, et l'on ne sait encore rien de sérieux sur les moyens de conservation à employer.

Malgré l'utilité que l'on pourrait espérer du sorgho, à l'exemple des Américains, chez lesquels on est parvenu à donner à cette plante une véritable utilité en sucrerie, sa culture, après un engoûment peu réfléchi, a été presque abandonnée en France, sans motifs bien péremptoires.

En fait, le sorgho pourrait fournir 60,000 kilogrammes par hectare, au prix de revient de 8 francs à 8 fr. 50 aux mille kilogrammes, pour une richesse de plus de 80 kilogrammes de sucre prismatique (83,62), et 44k,10 de sucre incristallisable.

DE LA NATURE DES JUS SUCRÉS. — RÉACTIONS.

Dans les applications industrielles, les notions théoriques ont pour but principal de faire connaître la matière à traiter, les réactions par lesquelles elle peut être altérée, celles qui en favorisent l'extraction ou la préparation, en un mot, elles sont seulement le préliminaire obligé des opérations de manufacture. Quoi qu'on en ait dit, le travail usinier bien conduit ne doit être autre chose que la répétition faite en grand et dans des conditions économiques d'un travail de laboratoire bien exécuté. Les résultats doivent être similaires, si les détails ont été suivis avec autant de soin dans l'un et l'autre cas, et c'est une très-grande erreur, due surtout au manque de pratique et d'observation, que de vouloir établir une différence entre les résultats de laboratoire et les résultats manufacturiers, car une telle opinion équivaudrait à dire que l'une ou l'autre des deux manières d'opérer a été mal comprise.

Le côté sérieux de la question manufacturière en sucrerie repose sur des données essentiellement techniques, et ces données doivent être passées brièvement en revue avant d'entrer dans les détails des procédés proprement dits.

On doit connaître d'abord l'influence des matières étrangères sur le sucre, si l'on veut en opérer l'extraction d'une façon rationnelle et avantageuse. Or, le sucre peut être accompagné par des substances très-diverses. Il peut se trouver en présence de matières hydro-carbonées, de principes pectiques, de matières grasses, résinoïdes ou essentielles volatiles, de substances azotées, d'acides végétaux ou de bases végétales, de matières minérales ou extractives; enfin, les corps impondérables peuvent encore exercer une certaine action sur le principe saccharin.

Parmi les corps hydro-carbonés, la fécule se présente en première ligne, mais comme, à l'état normal, on peut toujours s'en débarrasser soit par filtration, soit par l'action de la chaux ou du tannin, on peut la considérer comme ne présentant qu'une importance assez secondaire.

La dextrine, la matière gommeuse et le glucose présentent cet inconvénient d'entraîner dans les eaux-mères une partie du sucre cristallisable, qui équivaut souvent à un poids égal de ces substances. D'autre part, on sait que le glucose se colore rapidement en brun marron sous l'influence des solutions alcalines, et l'on peut regarder la présence du glucose comme la cause principale de la coloration des sirops cristallisables.

On a beaucoup parlé de l'influence pernicieuse des principes pectiques sur la cristallisation, mais il paraît présumable que les auteurs de ces appréciations avaient fondé leurs raisonnements sur des données imaginaires. En effet, de *tous les principes pectiques*, les uns sont complétement insolubles par leur nature, les autres le deviennent par l'action des réactifs employés en sucrerie, et il n'y a pas lieu de s'en préoccuper. L'acide métapectique seul, ou l'acide parapectique, est soluble et ne peut se produire que par une très-longue ébullition, à laquelle on ne doit jamais avoir affaire.

Les graisses n'ont d'autre inconvénient en sucrerie que celui d'introduire de la glycérine dans les sirops, et d'engager un poids de sucre proportionnel dans les eaux-mères. Il est à noter que les acides gras seuls sont éliminés dans le travail. Les matières résineuses ou résinoïdes n'ont pas d'action chimique, à raison de leur insolubilité. Quant aux principes essentiels volatils, ils n'apportent un ennui dans les opérations que s'ils sont

SUCRE.

doués d'une mauvaise odeur; mais, dans ce cas, il est des réactifs, tels que le tannin et l'acide phosphorique, qui ont la propriété de les éliminer ou de les transformer.

Les matières azotées ont une très-grande influence sur les solutions sucrées. En effet, par une ébullition prolongée dans les liquides aqueux, la plupart de ces matières pourraient devenir solubles, passer à une sorte d'état gélatineux, s'opposer à la cristallisation du sucre par l'épaississement des sirops, et engager une partie du principe extractible dans les eaux-mères ou mélasses. D'autre part, le ferment, qui est également une matière azotée, mais dont l'organisation n'est pas douteuse, peut réagir rapidement sur le sucre et le transformer en produits divers. Dans certaines conditions favorables, une partie de ferment peut détruire très-promptement cinquante parties de sucre, et ce résultat désastreux est loin d'être sans exemple dans la fabrication du sucre de cannes. On sait, d'ailleurs, que si le ferment est paralysé par la chaleur, il est détruit par les acides ou les alcalis, et précipité par la chaux et le tannin.

A propos des matières albuminoïdes, il convient encore d'ajouter que ces substances étant très-solubles dans les liqueurs alcalines même faibles, il est d'une extrême importance de les éliminer avant l'alcalisation des jus sucrés, laquelle se produit en fabrication par l'emploi de la chaux éteinte comme il est dit plus loin.

Tous les acides végétaux transforment le sucre en glucose par une réaction plus ou moins lente. L'acide acétique ne présente qu'une action très-faible, et le tannin est encore moins énergique. Un des acides les plus nuisibles en sucrerie est l'acide lactique, précisément en raison de la propriété qu'il présente, en dehors de celles dont il vient d'être question, de redissoudre les matières albuminoïdes, même quand elles ont été coagulées, ou qu'elles ont été rendues insolubles par les astringents

L'action des bases végétales est insignifiante.

Les alcalis sont destructeurs du sucre, qu'ils transforment en glucose d'abord, et dont ils colorent ensuite la solution jusqu'au point de la faire passer au noir brun. Les carbonates alcalins eux-mêmes perdent leur acide carbonique en présence du sucre à l'ébullition, et repassent à l'état caustique. Après cette décomposition ils agissent comme les alcalis.

Le principal inconvénient de la chaux est de mettre dans les solutions sucrées les alcalis en liberté, ce qui expose à l'action destructive de ces bases. La baryte et la strontiane agissent sur le sucre dans le même sens que le chaux, ou à très-peu près. La lithine a été insuffisamment étudiée. La magnésie n'a que très-peu d'action. L'alumine est complétement inerte. Les oxydes de zinc, de fer et de plomb ne paraissent pas être entièrement précipités par les réactifs en présence du sucre.

Tous les acides minéraux transforment le sucre en glucose, d'autant plus rapidement que la dose en est plus considérable et la température plus élevée.

La plupart des sels entraînent une certaine portion de sucre dans les mélasses, même lorsqu'ils ne présentent aucune réaction nuisible. Tel est le cas des sulfates alcalins et des sulfates de chaux et de magnésie. Le sulfate d'ammoniaque se décompose, en partie, à mesure que la température s'élève dans les sirops, et cette décomposition met de l'acide sulfurique en liberté. Le sulfate d'alumine ne présente aucune espèce d'inconvénient chimique, sauf le cas où il se trouve en présence de chlorures, et il se forme un sulfate d'une autre base et du chlorure d'aluminium hydraté, facilement décomposable, qui réagit par son acide chlorhydrique.

Les chlorures solubles, les chlorures alcalins surtout entraînent dans les eaux-mères une quantité de sucre très-considérable, par suite de la propriété qu'ils présentent de se combiner à deux équivalents de sucre, et de former ainsi un composé presque toujours déliquescent. Le chlorure de potassium entraine 4,582 de sucre par unité; le chlorure de sodium, 5,852; le chlorhydrate d'ammoniaque, 6,395. et le chlore considéré comme unité chimique immobilise 9,6457 de sucre prismatique.

Bien que l'acide phosphorique puisse transformer le sucre en glucose, les phosphates sont inoffensifs sur le principe saccharin, et l'expérience a démontré qu'ils favorisent la cristallisation de la masse, et ne retiennent qu'à peine poids pour poids de sucre immobilisé. Ils jouissent tous d'une propriété de décoloration très-énergique.

On connaît peu l'action des nitrates, mais les silicates solubles, conseillés dans un temps, ne peuvent qu'introduire dans les solutions des alcalis dont l'influence est pernicieuse.

Les matières extractives sont à peu près insignifiantes au point de vue de la sucrerie, et les principes colorants qui en font partie peuvent presque toujours être détruits ou éliminés à l'aide d'agents appropriés.

Quant aux corps impondérables, on doit avouer que les actions qui en résultent sont trop peu définies pour qu'on puisse en déduire des conclusions sérieuses; cependant, il est certain que la chaleur et la lumière agissent sur les dissolutions sucrées et les transforment en glucose, mais l'action du fluide électrique, très-énergique en présence du ferment, n'a pas encore été suffisamment étudiée dans les autres circonstances pour qu'il puisse en être question ici, même d'une manière sommaire.

PRINCIPES GÉNÉRAUX SUR LESQUELS EST BASÉE L'EXTRACTION DU SUCRE.

La fabrication ou l'extraction du sucre cristallisé comprend dans tous les cas : 1° la *préparation de la matière première*; 2° l'*extraction du jus sucré*; 3° la *purification du jus*; 4° la *concentration du jus purifié*; 5° la *filtration* et la *décoloration*; 6° la *cuite* ou complément d'évaporation; 7° la *cristallisation*; 8° la *purge* des cristaux; 9° l'*épuisement des eaux-mères*; 10° l'*utilisation des résidus*. Ces diverses opérations sont indispensables dans toutes les conditions, et quelle que soit la matière première dont on se sert. C'est précisément parce que ces opérations composent le travail type dans toutes les circonstances, qu'il est absolument indispensable d'en avoir une connaissance suffisante avant de se préocuper des particularités.

1° *Préparation de la matière première.* — Dans l'état actuel de la fabrication, on a affaire à des racines ou à des tiges. Les racines doivent être nettoyées de la terre, des pierres et, en outre, on doit enlever les portions altérées du collet. Aujourd'hui, ce travail se pratique à l'aide du laveur mécanique, dont la figure 26 donne un aperçu très-suffisant. La préparation des graminées saccharifères ne requiert pas de lavage, mais elle exige impérieusement la séparation des parties non mûres, qui ne peuvent qu'apporter un excès de glucose dans les sirops et déterminer l'immobilisation d'une quantité de sucre proportionnelle.

2° *Extraction du jus sucré.* — Pour extraire le jus sucré des matières saccharifères, on est obligé d'agir par la pression ou par la macération, et presque toujours de diviser préalablement la substance à traiter. Cette opération comprend: 1° la division de la matière saccharifère; 2° l'extraction du jus sucré par pression, par déplacement ou par macération.

La division de la matière première varie nécessairement suivant le mode d'extraction employé. Lorsqu'on procède par macération ou déplacement, on peut se contenter de diviser les racines en cossettes à l'aide du coupe-racines, et d'appliquer aux graminées sacchari-

feres un mode de division analogue, par l'action d'un instrument établi sur les principes du hache-paille,

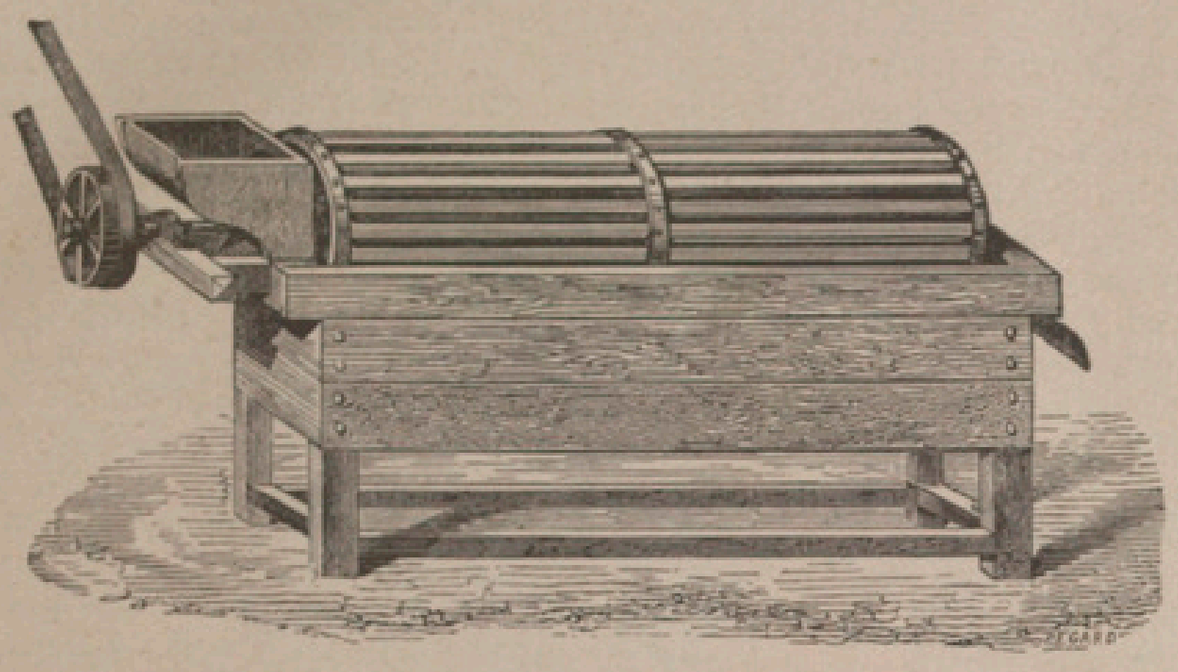


Fig. 26.

avec les modifications indiquées par la nature même de la matière.

Si le jus doit être extrait par pression, la division des racines sucrées doit se fait par la râpe, et au sujet de cet instrument bien connu, il convient de rappeler le principe sur lequel son action doit être réglée en sucrerie. Étant donnée la figure 27 représentant le cylindre

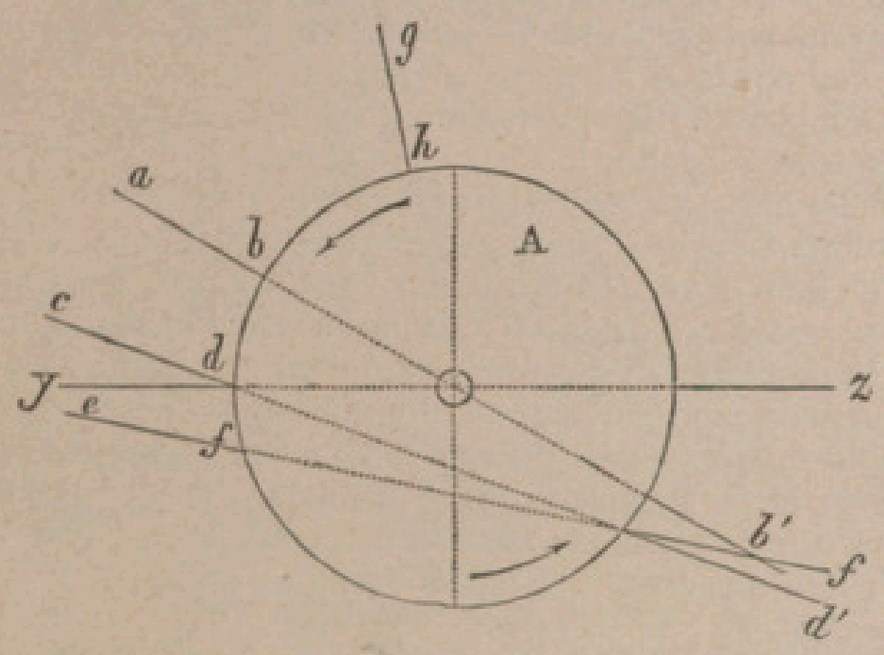


Fig. 27.

diviseur d'une râpe, si les racines arrivent à la râpe, au dessus de son axe, suivant une direction *abb'*, par exemple, elles sont fortement repoussées et l'action des rabots devient très-pénible. Mais, en revanche, la pulpe est très-fine et la matière aussi bien divisée que possible, parce qu'elle reste plus longtemps au contact des dents de la râpe.

Si la matière arrive dans le plan de l'axe, suivant *cdd'*, elle est moins repoussée, les rabots fatiguent moins et la besogne marche plus vite; mais la pulpe est moins fine. Enfin, lorsque les racines suivent une direction *eff*, au-dessous de l'axe du cylindre, celui-ci les attire avec une incroyable rapidité; mais la pulpe serait trop grosse et mal divisée si l'on n'avait la précaution de diminuer le calibre des dents de scie et de les rapprocher.

Il y aurait peut-être avantage à faire arriver la matière suivant une direction presque verticale *gh*; mais alors les rabots ordinaires devraient être remplacés par un levier et, dans tous les cas, on devrait faire parvenir les racines au cylindre, sur le côté, à quelque distance de la perpendiculaire au plan de l'axe, si l'on voulait obtenir une rapidité suffisante.

C'est l'inclinaison *eff* que l'on adopte de préférence en pratique, à raison de l'économie de temps qu'elle procure.

Le plus habituellement, la division des graminées saccharifères se fait par écrasement en même temps que l'extraction du jus par pression. Dans le cas des racines saccharifères et suivant le mode de division adopté, on extrait le jus de la matière divisée, soit par les presses ordinaires, à simple effet ou à effet continu, soit par les presses hydrauliques, ou par les filtres-presses, ou encore par la pression due à la force centrifuge dans des turbines ou des essoreuses. Les tiges saccharifères sont le plus souvent comprimées entre les cylindres d'un laminoir (moulin à cannes) qui les écrase, tout en expulsant une partie du jus (vesou) plus ou moins considérable.

La seule observation à faire au sujet de l'extraction des jus sucrés par pression repose sur ce fait, admis par tout le monde, que l'action de la pression, si énergique qu'on la suppose, n'est pas suffisante pour enlever toute la substance sucrée de la matière première. Il y a perte de jus dans les résidus, et cette perte équivaut en moyenne à 15 pour 100 du sucre, dans les conditions habituelles du travail. De même pour l'emploi des cylindres lamineurs dans le travail de la canne, on doit reconnaître que leur action est encore plus insuffisante, en ce sens qu'elle laisse dans les résidus ou bagasses une proportion de sucre plus considérable encore.

L'extraction par macération ou déplacement serait la plus rationnelle de toutes les opérations possibles, si elle était pratiquée d'une manière convenable, puisque, par ce moyen, on peut parvenir à l'épuisement à peu près complet de la matière saccharifère. Cependant, comme la question des frais de main-d'œuvre prime la situation, on s'arrête le plus souvent avant d'avoir complété l'extraction et, en pratique, il reste encore une certaine quantité de sucre dans la matière macérée (1).

3° *Purification du jus.* — Quel que soit le mode employé pour l'extraction d'un jus sucré, et quel que soit ce jus, la partie la plus importante du travail industriel à exécuter en sucrerie consiste dans la purification du liquide sucré. Cette opération doit être faite d'autant plus rapidement que la température ambiante est plus élevée, et que le liquide sucré renferme plus de ferments, de matières albuminoïdes. La purification du jus a pour objet de séparer les matières étrangères qui s'y trouvent suspendues ou dissoutes. Les premières peuvent s'éliminer par simple filtration; les secondes ne disparaissent que sous l'influence d'un traitement chimique. Le ferment et les matières albuminoïdes peuvent être séparées par le tannin, quelques substances azotées sont coagulables par la chaleur; presque tous les acides organiques et les bases végétales sont précipités par la chaux; un grand nombre de sels minéraux, végétaux ou mixtes, sont dans les mêmes conditions. Les matières colorantes sont absorbées par le charbon d'os. En résumé, toutes les substances étrangères doivent être éliminées ou transformées en produits inoffensifs, et la purification des jus comprend nécessairement, en suite de ce qui vient d'être dit, une purification mécanique ou filtration, une purification physique résultant de l'action de la chaleur, une purification chimique résultant de l'emploi de divers agents éliminateurs ou transformateurs, et enfin la décoloration.

La purification chimique des jus, la seule qui puisse offrir des difficultés d'exécution, peut être pratiquée

(1) Voir pour les détails relatifs à la macération le 2e vol. du *Guide du Fabricant de sucre*, page 101 et suiv.

avec des agents fort nombreux. On a conseillé l'*acide sulfurique* à froid, les *chlorures d'oxyde*, l'*acide oxalique*, l'*acide sulfureux* et les *sulfites*, l'*alcool*, l'*acétate de plomb*, la *baryte*, la *strontiane*, les *aluns*, le *sulfate d'alumine*, le *sulfate de zinc*, le *sulfate de fer*, le *plâtre*, le *peroxyde de fer hydraté*, le *tannin*, la *chaux*, etc.

Les seuls réactifs dont l'emploi soit rationnel et justifié par la pratique expérimentale sont le tannin et la chaux, et c'est celle-ci qui est le plus habituellement employée. Dans la méthode courante, on porte le jus extrait à la température de + 85° à + 90°; on y introduit, en agitant, une proportion de chaux en lait prévue

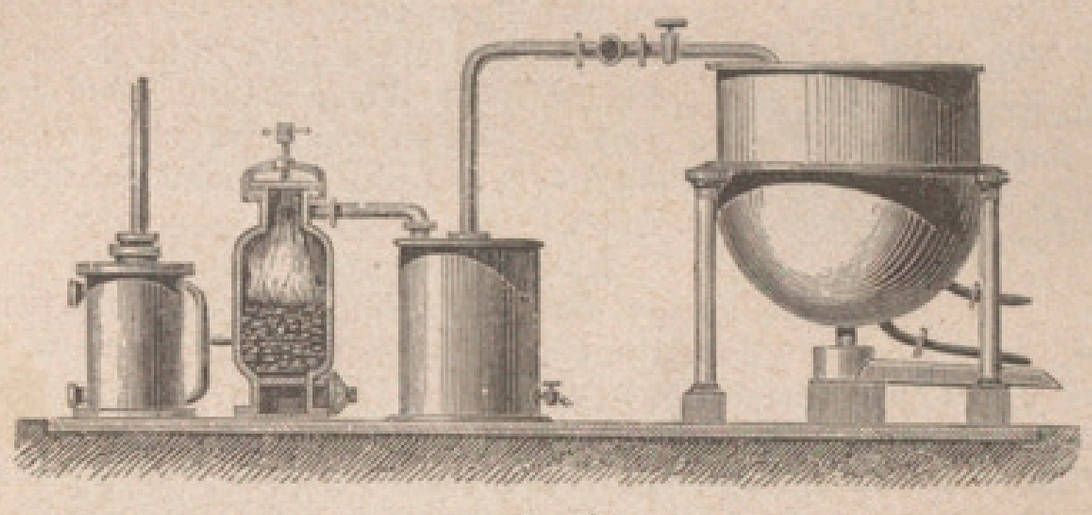


Fig. 28.

suivant la nature du jus, on porte au premier bouillon, et on laisse reposer, afin de pouvoir soutirer la partie claire. Les dépôts et les écumes sont ensuite soumis à une pression qui en extrait le jus sucré. Le dosage de la chaux ne peut guère se faire que d'une manière expérimentale, et il varie suivant la composition du jus. On considère, dans la pratique, que chaque degré de l'aréomètre de Baumé accuse la présence de 10 grammes de chaux hydratée sèche dans un litre de lait de chaux.

La principale objection à faire contre le chaulage emprunte surtout sa valeur à la présence du glucose, lorsqu'il existe dans les liquides sucrés. En effet, la chaux met les alcalis en liberté, et ceux-ci réagissent sur le glucose qu'ils colorent en brun, dans le cas où ce principe existe dans les liqueurs. Il convient encore d'ajouter que la chaux n'élimine qu'une partie seulement des matières étrangères du jus, et que l'action de cet agent est beaucoup moins complète qu'on ne l'avait cru autrefois. Si, au contraire, on a soumis les jus à l'action du tannin, que la liqueur ait été clarifiée avant le chaulage, ce qui est d'absolue nécessité, l'emploi ultérieur de la chaux n'aura plus que très-peu d'inconvénients et présentera le maximum d'avantages. Il se formera du tannate de chaux qui agira comme décolorant, et il suffira d'un très-faible excès de la terre alcaline pour décomposer les quelques sels qui auraient pu échapper à l'action du tannin.

Dans tous les cas, après l'emploi de la chaux, précédé ou non de celui du tannin, il est indispensable d'éliminer l'excès de cette même chaux, et c'est dans cette partie du travail que l'imagination des chimistes industriels semble avoir été de la grande plus fécondité. On a proposé et employé, pour éliminer la chaux en excès : l'*acide sulfurique*, l'*alun de potasse*, l'*alun d'ammoniaque*, les *sulfates d'ammoniaque*, *d'alumine*, *de magnésie*, *de zinc*, *de fer*, *de manganèse*, les *carbonates d'ammoniaque* et *de soude*, le *carbonate acide de chaux*, l'*acide oxalique*, l'*oxalate d'ammoniaque* et celui *d'alumine*, l'*acétate* de cette dernière base, le *bisulfite de chaux*, l'*acide borique*, le *savon*, les *acides gras*, la *caséine*, l'*acide phosphorique*, le *phosphate acide de chaux*, le *phosphate d'alumine*, le *phosphate d'ammoniaque*, etc.; enfin, l'*acide carbonique*, qui clôt à peu près cette longue liste de ces corps, bien qu'il soit un des premiers par ordre de date et qu'on l'emploie aujourd'hui en pratique courante (1).

(1) *Guide du Fabricant de sucre*, 2e vol., p. 135 et suiv.

Dans la pratique ordinaire, le jus clair sortant du chaulage reçoit un courant d'acide carbonique jusqu'à ce que la plus grande partie de la chaux soit transformée en carbonate, qu'il n'y ait plus qu'une très-faible réaction alcaline, et que la liqueur se débarrasse rapidement des matières suspendues. Il serait plus rationnel de pousser à son terme l'action de l'acide carbonique, plutôt que de laisser, suivant un préjugé trop répandu, un quantum fantaisiste d'alcalinité dans les liqueurs. L'acide carbonique est complétement inoffensif sur le sucre, sauf le cas où il se rencontre des pectates alcalins qui se transforment en mélapectates très-solubles, bruns, et colorent fortement les liquides. On obtient l'acide carbonique en sucrerie soit par la combustion du charbon, soit par la calcination du calcaire, soit encore par l'emploi simultané de ces deux moyens. La figure 28 représente l'appareil dit des frères Rousseau, qui est, à très-peu près, le même que celui de Barruel.

Cet appareil se compose d'une *pompe* pneumatique, d'un *four* pour la combustion du charbon, et d'un cylindre laveur. La pompe prend l'air extérieur par aspiration et le refoule dans le four, au-dessus de la grille qui supporte le charbon, et le gaz, produit par la combustion, est chassé dans le cylindre, d'où il est envoyé, selon le besoin, dans la chaudière à saturer.

D'accord en cela avec les chimistes les plus éminents et avec les spécialistes les plus distingués, j'ai conseillé de compléter la purification des jus par l'emploi de l'acide phosphorique ou d'un phosphate soluble dans le but de précipiter le reste de la chaux, et de transformer les carbonates alcalins en phosphates inactifs sur le sucre. Ce conseil, suivi par un grand nombre de fabricants intelligents, leur a donné les meilleurs résultats au point de vue de la séparation du sucre cristallisé et de la décoloration des produits qui ne peuvent plus se colorer de nouveau, puisque les phosphates alcalins ne réagissent pas sur le glucose de la même façon que les alcalis libres. Dans la pratique ordinaire, la décoloration des jus se fait par la filtration à travers une couche de noir d'os, qui est formé, sur 100 parties, de :

Phosphate de chaux.	76,2570
Carbonate de chaux.	8,4870
Phosphate de magnésie.	1,9395
Fluorure de calcium.	3,3165
Matières minérales..	90,000
Charbon d'origine organique. . . .	10,000
Total.	100,000

Les propriétés de cette matière ont été étudiées par MM. Bussy et Payen (1821), qui en ont reconnu la propriété décolorante et le pouvoir absorbant quant à la chaux. Malgré l'abus qui a été fait de cette matière, le noir peut rendre des services réels, comme décolorant, lorsqu'il n'est pas alcalin, et que les alcalis du jus ont été transformés.

M. Dumont a imaginé le premier d'employer le noir en grains comme matière filtrante, et son appareil, indiqué par la figure 29, a été fort longtemps le seul employé dans la fabrication et le raffinage des sucres. C'est un grand cylindre de tôle ou de cuivre AI pouvant contenir de 3,000 à 5,000 kilogrammes de noir; au-dessus du fond C se trouve postérieurement un trou d'homme B, pour la vidange du noir, lorsqu'il est *usé*, c'est-à-dire lorsque l'action décolorante a disparu. Un robinet F à flotteur G amène le liquide du réservoir J.

On place d'abord sur le faux fond une toile de coton mouillée, puis on charge le noir préalablement humecté; on le dispose par couches de 30 centimètres que l'on tasse au fur et à mesure. Lorsque le filtre est rem-

pli à 40 ou 50 centimètres du bord supérieur, on recouvre le noir d'une toile humide, et l'on place

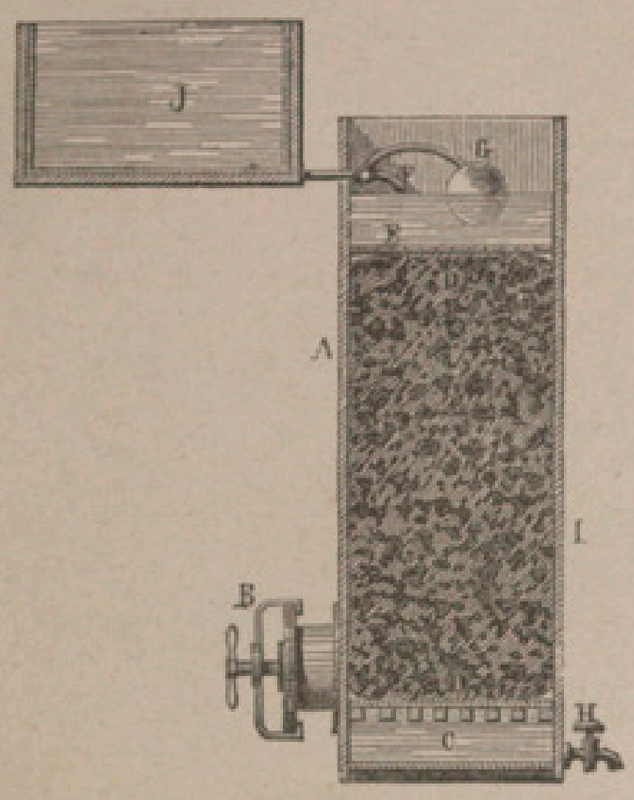


Fig. 29.

sur celle-ci un disque métallique perforé. Le flotteur sert à maintenir le liquide à un niveau à peu près constant.

La forme des filtres à noir a été modifiée depuis Dumont, mais on peut dire que les principes de la filtration sur noir n'ont pas varié. Cette filtration s'opère sous la pression ordinaire ou sous l'action d'une pression plus forte, empruntée à la vapeur et fonctionnant en vases clos.

Dans la pratique industrielle, il arrive souvent que l'on filtre sur noir les jus défé qués et carbonatés, qu'on leur fait subir une deuxième filtration décolorante après concentration jusque vers 15° B., puis une troisième vers 27° ou 28° B., avant la cuite. Certains fabricants ne font que cette dernière filtration. Lorsque le noir n'a plus d'action, on l'épuise par lessivage (dégraissage) du jus sucré qu'il a absorbé, et on lui fait subir la revivification, par une nouvelle calcination.

4° *Concentration du jus purifié.* Le jus purifié et décoloré doit perdre par évaporation la plus grande partie de l'eau qui tient le sucre en dissolution, et cette élimination d'eau est l'objet de la concentration, qui peut se produire par le chauffage à la vapeur ou le chauffage par l'air chaud, à l'air libre ou dans le vide.

Sauf quelques fabriques arriérées des pays coloniaux, la plupart des établissements sucriers opèrent l'évaporation par la vapeur, soit à l'air libre, soit à l'aide du vide. Il ne conviendrait pas cependant de proscrire d'une manière absolue l'emploi du feu nu, car, en dehors du chauffage par masses, qui doit toujours être rejeté, le chauffage à feu nu par surfaces et le chauffage tubulaire pourraient rendre de très-grands services dans certaines conditions déterminées du travail. L'Anglais Fryer a appliqué à son appareil de concentration à feu nu les principes mis en lumière par Curaudau, et dont la

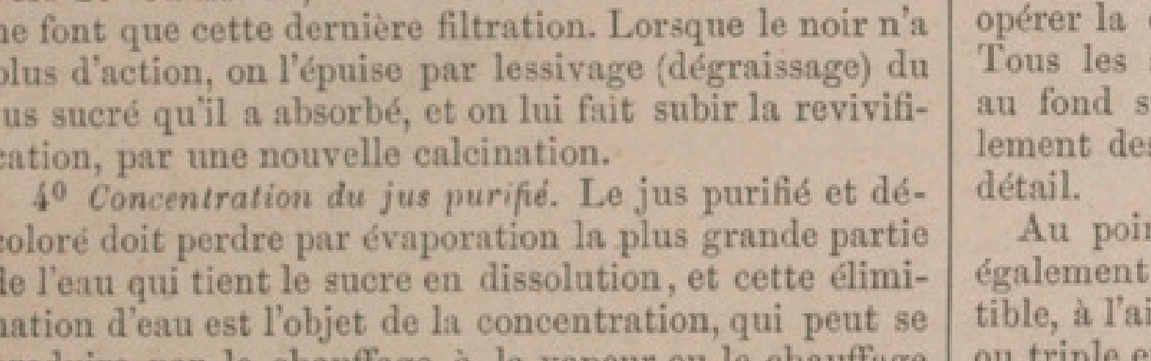


Fig. 30.

figure 30 fait comprendre les données. Dans l'idée de Curaudau, la flamme et les gaz chauds produits par la

combustion sont forcés de frapper le fond d'une chaudière plate A, légèrement inclinée de *b* en *d*, pour se rendre à la cheminée d'appel *l*. Le liquide à concentrer arrive en *b* par le robinet *r*, et des diaphragmes en chicane le forcent à circuler sur toute la surface de A jusqu'en *d*, sur une épaisseur moyenne très-faible de un à deux centimètres. Dans cette disposition, aucune des parties de la surface n'échappe à l'action du calorique; la plus forte chaleur s'applique aux liquides plus faibles en *b*, et les gaz chauds arrivent en *d*, presque dépouillés de leur calorique. Le danger de la caramélisation est presque écarté, puisque l'opération est continue et l'utilisation du calorique aussi complète que possible. Avec une chaudière de ce genre, on peut vaporiser, par mètre carré et par heure, de 70 à 100 kilogrammes d'eau, selon le tirage de la cheminée et la nature du combustible employé.

L'emploi de la vapeur est cependant beaucoup plus commode, puisque, avec un seul foyer, il est possible de transporter le calorique dans tous les points de l'établissement. Un véritable progrès accompli dans l'application de la chaleur à la concentration des liquides sucrés date de l'emploi des appareils à basse pression, ou des appareils à concentrer et à cuire à l'aide du vide. L'un des premiers qui aient été employés utilement est celui de Degrand, figure 31; il se composait d'une chaudière A et d'un serpentin C pour la condensation des vapeurs. La chaudière était chauffée par un tube intérieur en serpentin. Pour y faire le vide, on y introduisait de la vapeur par un tube et l'on chassait tout l'air contenu dans l'appareil par un robinet placé sur la sphère même, à l'extrémité du serpentin. Le liquide à concentrer était aspiré par des tubes. La condensation de la vapeur se faisait par un courant d'eau ou de jus, qui circulait sur les spires du serpentin en C, et qui y arrivait par un robinet dans une caisse de distribution G.

Cet appareil était destiné à faire la concentration du liquide sucré sur le serpentin de la caisse C et à en opérer la cuite dans la chaudière A, à basse pression. Tous les appareils qui ont été faits depuis reposent au fond sur les mêmes principes et présentent seulement des perfectionnements ou des améliorations de détail.

Au point de vue de la concentration, on applique également le vide, dans un but d'économie de combustible, à l'aide d'appareils qui sont dits à simple, double ou triple effet, suivant que l'on emploie une chaudière ou bien deux ou trois vases communiquants et commandés par une aspiration unique. On comprend que la chaudière à simple effet ne soit autre chose que la chaudière à basse pression ordinaire, dans laquelle une pompe fait le vide relatif, tout en aspirant les vapeurs produites. Dans les chaudières à effet multiple, outre cette organisation type, qui est le point fondamental de ces sortes d'appareils, la vapeur produite par l'évaporation du liquide dans la première chaudière est utilisée, en outre, pour l'échauffement du liquide de la seconde; la vapeur de la seconde sert à échauffer le liquide de la troisième, etc., c'est-à-dire que dans ces sortes d'appareils tout a été calculé dans le but d'économiser le plus possible de combustible.

On verra plus loin que la plupart des autres dépenses n'ont en sucrerie qu'une valeur très-relative, comparativement à celle qui résulte de l'application du calorique.

5° *Filtration des jus et sirops.* A divers temps de l'opération, et au fur à mesure de la concentration, les liquides perdent de leur limpidité par la précipitation ou la mise en suspension de substances dissoutes qui de-

SUCRE.

viennent graduellement insolubles. On débarrasse les liqueurs de ces substances par la filtration simple ou le

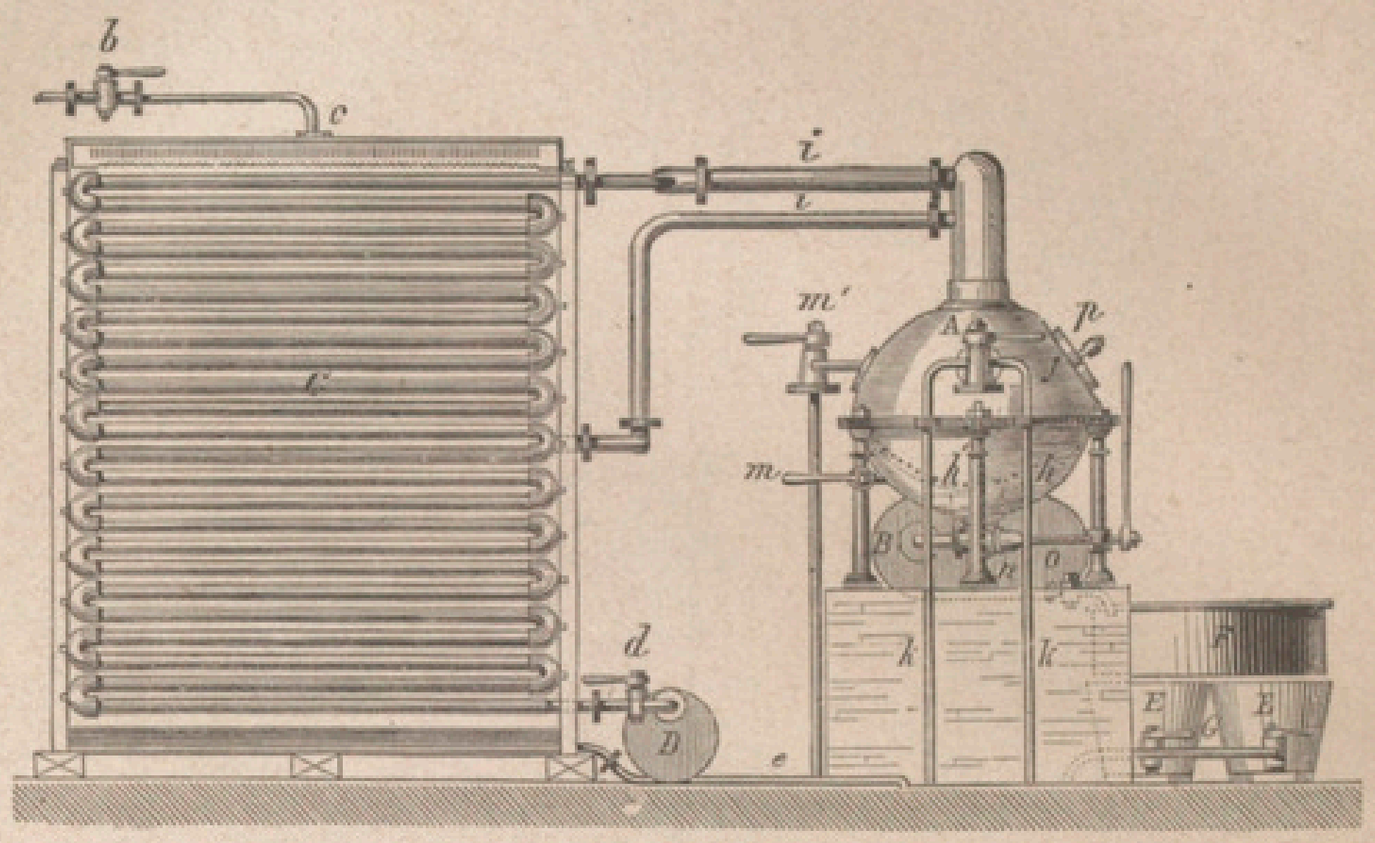


Fig. 31.

débourbage, à l'aide de la caisse ordinaire à débourber, fig. 32, ou du filtre Taylor, ou encore par filtration

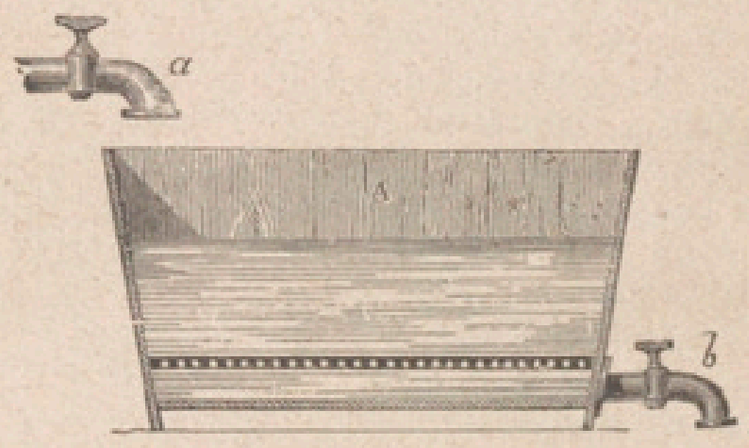


Fig. 32.

latérale. Le plus communément on filtre sur noir, dans des filtres plus ou moins analogues au cylindre de Dumont. En principe, un jus neutre, filtré sur noir neutre, parfaitement décoloré et dont les alcalis ont été transformés en phosphates, ne se colore plus à la concentration.

6° *Cuite des sirops.* La cuite n'est que le complément de la concentration. Les jus sucrés, filtrés, décolorés, amenés à 27° B. de densité, ou à 50 pour 100 de richesse saccharine, doivent être amenés en moyenne à 10 ou 12 pour 100 d'eau seulement pour laisser déposer le

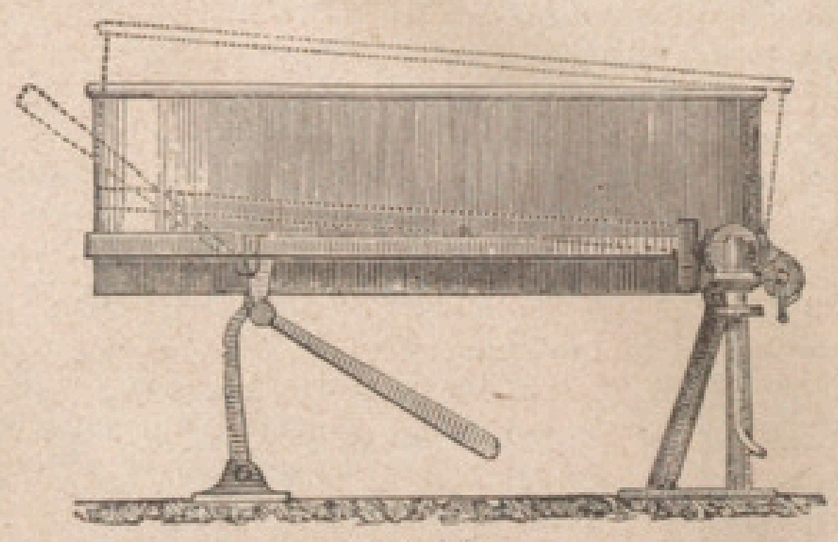


Fig. 33.

sucre par cristallisation. Dans la fabrication moderne, on complète la concentration, on fait la cuite, dans des appareils à basse pression ou à cuire dans le vide, dont il a été déjà parlé. Le sirop se cuit, en pratique, c'est-à-dire se concentre, jusqu'à ce que l'on obtienne ce qu'on appelle la *preuve*. Les différentes preuves sont celles au filet, au soufflé, à l'eau ou au boulé, au thermomètre. La preuve par la densité est défectueuse, en raison de l'épaississement du sirop.

En principe, les sirops neutres se cuisent bien, et ne présentent que la mousse caractéristique qu'on retrouve dans la concentration de tous les corps solubles; mais les sirops acides se colorent vers la fin, et les sirops alcalins noircissent en présence du glucose et moussent considérablement par suite de la présence des matières albuminoïdes dissoutes.

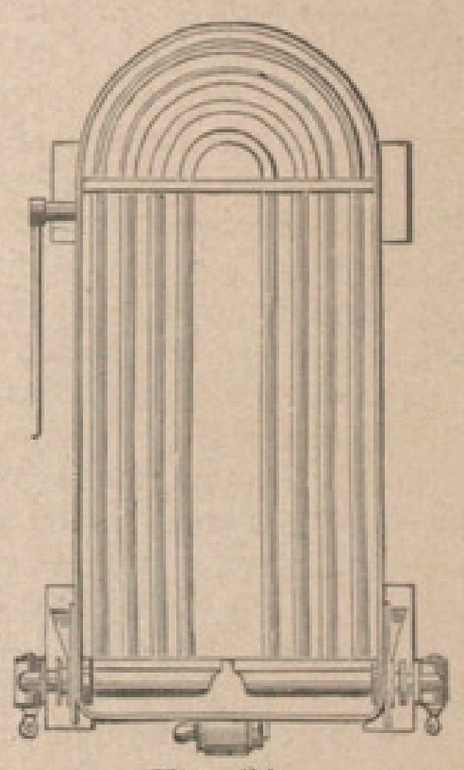


Fig. 34.

On peut faire à la cuite l'air libre ou dans le vide. Pour cette dernière cuite, le problème à résoudre, quoique fort simple, exige cependant une certaine attention et de l'habitude pratique, lorsque l'on veut produire la cristallisation dans l'appareil. C'est ce qu'on appelle la *cuite en grains*. Lorsqu'on est arrivé à un certain point de concentration, il est urgent de procéder par recharges successives dont les conditions sont expliquées en détail dans la suite de cet article. La cuite ordinaire, ou en sirop, n'est autre chose, même dans le vide, qu'une concentration poussée jusqu'à la preuve, qui ne dépasse pas habituellement le *filet*, ou la cuite à 15 pour 100 d'eau. La cuite à l'air libre se fait dans des chaudières à serpentin, basées en général sur la reproduction de la chaudière de Pecqueur, figures 33 et 34.

Appréciation du produit cristallisable par 100 kilogr. de masse cuite, selon le degré de la cuite.

Eau restant dans la masse.	Sucre dissous dans la mélasse.	Matières étrangères de la mélasse.	Produit brut cristallisable extractible.
15	32,70	19,05	33,25
14	30,52	17,78	37,70
13	28,34	16,51	42,15
12	26,16	15,24	46,60
11	23,98	13,97	51,05
10	21,80	12,70	55,50
9	19,62	11,43	59,95
8	17,44	10,16	61,40
7	15,26	8,89	68,87
6	13,08	7,62	71,30
5	10,91	6,35	77,74

Les diverses preuves avec les températures de l'ébullition auxquelles elles se produisent sont indiquées dans le tableau suivant :

PREUVES.	Température de l'ébullition.	Contenance sur 100 parties.	
		EN SUCRE.	EN EAU.
Filet	109°	85	15
Crochet léger....	110 ,5	87	13
Crochet fort.....	112	88	12
Soufflé léger.	116	90	10
Soufflé fort	121	92	8
Cassé petit.....	122	92,67	7,33
— grand.....	128 ,5	95,75	4,25
— sur le doigt.	132 ,5	96,55	3,45

Ces chiffres présentent des différences notables avec la table de Dutrone.

DEGRÉS du thermomètre centigrade.	THERMOMÈTRE de RÉAUMUR.	EAU de dissolution enlevée à chaque degré du thermomètre.	PRODUIT en sucre qui peut cristalliser pour chaque degré.
	Degrés.	kil. gr.	kil. gr.
103,75	83	» »	» »
105,00	84	4,810	8 »
106,25	85	11,560	19,250
107,50	86	18 »	39 »
108,75	87	24,600	41 »
110,00	88	31,266	52 »
111,25	89	33,750	56 »
112,50	90	36,187	60,312
113,75	91	38,062	63,250
115,00	92	39,250	66,187
116,25	93	41,475	69,125
117,55	94	43,250	72,062
118,75	95	45 »	75 »
120,00	96	46,420	77 »
121,25	97	48,470	80,312
122,50	98	50,080	83,187
123,75	99	51 »	85 »
125,00	100	52,370	87,250
126,25	101	53,083	88,355
127,50	102	54,062	90,062
128,75	103	55,225	91,250
130,00	104	55,750	92,437
131,25	105	56,475	94,125
132,50	106	57,218	95,312
133,75	107	58,406	97 »
135,00	108	58,906	98,125
136,25	109	59,475	99,125
137,50	110	60 »	100 »

Ces indications de Dutrone sont très-intéressantes à consulter, surtout quand on en rapproche une seconde série complémentaire, dont j'ai formé le tableau suivant, afin de scinder et de faire mieux saisir l'excellent travail de cet observateur. Ces données sont évidemment applicables aux dissolutions aqueuses de sucre pur.

DEGRÉS du thermomètre centigrade.	THERMOMÈTRE de RÉAUMUR.	EAU qui est restée combinée au sucre à l'état de sirop après la cristallisation.	SUCRE qui reste combiné à l'eau à l'état de sirop après la cristallisation.
	Degrés.	kil. gr.	kil. gr.
103,75	83	60 »	100 »
105,00	84	55,190	92 »
106,25	85	48,440	80,750
107,50	86	42 »	70 »
108,75	87	35,400	59 »
110,00	88	28,734	48 »
111,25	89	26,250	44 »
112,50	90	23,813	39,688
113,75	91	21,938	36,750
115,00	92	20,750	33,813
116,25	93	18,525	30,875
117,50	94	16,750	27,938
118,75	95	15 »	25 »
120,00	96	13,580	23 »
121,25	97	11,530	19,688
122,50	98	9,920	16,813
123,75	99	9 »	15 »
125,00	100	7,630	12,750
126,25	101	6,917	11,625
127,50	102	5,938	9,938
128,75	103	4,775	8,750
130,00	104	4,250	7,533
131,25	105	3,525	5,875
132,50	106	2,682	4,688
133,75	107	1,594	3 »
135,00	108	1,094	1,875
136,25	109	0,525	0,875
137,50	110	» »	» »

Dans la plupart des fabriques, au lieu de concentrer seulement jusqu'à un point tel que le sirop puisse abandonner des cristaux en un temps plus ou moins long, on fait faire la cristallisation dans l'appareil lui-même, en sorte que, au lieu d'en retirer un sirop plus au moins concentré, on en fait sortir, à la fin de l'opération, une sorte de pâte cristalline dont il ne s'agit plus que de séparer les cristaux après un temps assez court. C'est ce que j'ai nommé tout à l'heure la cuite en grains.

On connaît encore, sous le nom de cuite sèche, ou fabrication de concret, un genre de concentration dans lequel l'opération est poussée à ses dernières limites, à ce point que le résultat obtenu est une sorte de pâte cristalline, presque sèche, très-analogue à la pâte du sucre d'orge, et renfermant à la fois le sucre, les sels et les eaux-mères du jus. Ce genre de cuite peut se faire par le vide, à l'air libre ou par l'air chaud.

7° *Cristallisation. Extraction du sucre des masses cuites.* Si l'on a cuit, si l'on a terminé la concentration à la preuve au filet ou au crochet, à 15 pour 100 ou à 10 pour 100 d'eau, ou si l'on a cuit en grains, soit à l'air libre, soit sous basse pression, on est dans des conditions très-variables quant à la valeur de la masse.

L'hectolitre des sirops cuits au filet ou au crochet pèse de 140 à 145 kilogrammes. Le même volume de masse grenée pèse de 144 à 148 kilogrammes.

Les sirops contiennent, en moyenne, sur 100 kilogrammes :

68 à 87 de sucre;
10 à 15 d'eau;
5 à 15 de matières étrangères.

SUCRE.

Les masses grenées sont également très-variables dans leur composition. Elles peuvent renfermer:

70 à 90 de sucre;
6 à 12 d'eau;
5 à 16 de matières étrangères.

Les principes qui dirigent la cristallisation des sirops sont très-simples: la cristallisation est d'autant plus lente que la solution est moins riche, moins saturée, plus aqueuse, et elle est d'autant plus rapide dans le cas contraire. Toute cristallisation d'un corps plus soluble à chaud qu'à froid est ralentie par la chaleur, accélérée par le refroidissement, et les cristaux formés sont d'autant plus volumineux que la cristallisation est plus lente. Les cristaux sont toujours purs quand ils sont simples, et ne contiennent pas d'eaux-mères interposées.

La pratique de la cristallisation des sirops ne présente pas de difficultés sérieuses. En général, on laisse la température s'abaisser lentement, jusque vers + 75°, en ayant soin d'agiter le sirop avec un mouveron, *lorsqu'on vient de le verser*. Bientôt, les cristaux de sucre commencent à paraître; c'est ce qu'on appelle la *formation du grain;* une croûte cristalline de sucre se montre à la surface.

En général, les bons sirops cuits au filet un peu serré (13 à 14 pour 100 d'eau), *montrent le grain* vers + 105° à + 100°; les *sirops recuits* vers + 94° à + 92°, et les seconds recuits de + 75° à 70°. Les cuites au filet léger (15 pour 100 d'eau) ne grènent guère avant d'être descendues à + 85°.



Fig. 35.

Quand le grain se montre, on introduit le sirop dans des formes (fig. 35), des caisses (fig. 36) ou des bacs. Ce dernier mode est le plus communément adopté en France.

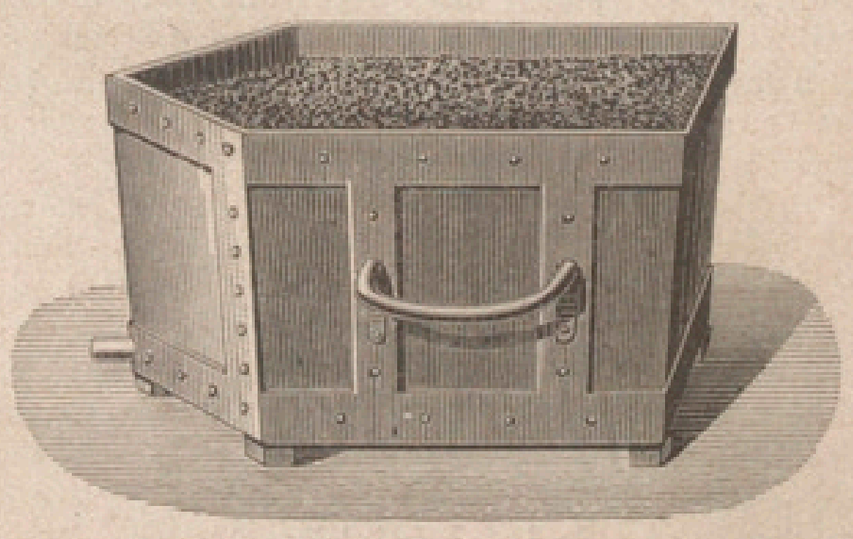


Fig. 36.

Quant au sirop cuit dans le vide, on procède de la même façon, après avoir réchauffé jusques vers + 90° ou + 100°.

Les masses grenées sont laissées simplement en repos pendant dix à douze heures, après quoi on isole les cristaux.

8° *Purge ou séparation des cristaux.* On sépare les eaux-mères des cristaux formés par un égouttage simple ou forcé, suivi ou non d'un clairçage.

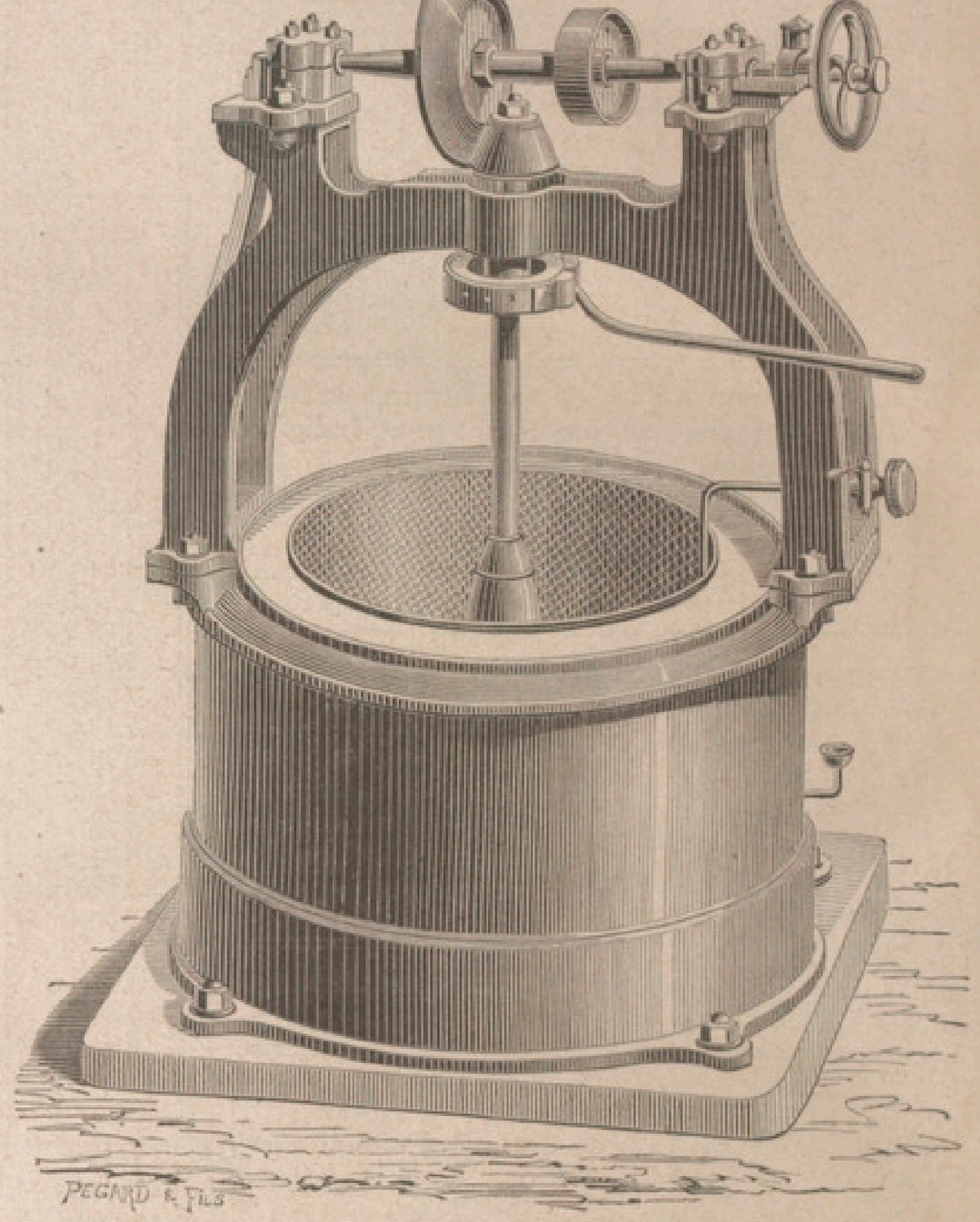


Fig. 37.

Dans la cristallisation en formes, on place la forme sur un pot d'égouttage, après avoir enlevé le bouchon ou la *tape*, et on laisse écouler l'eau-mère naturellement, après quoi on peut opérer un ou plusieurs clairçages, pour blanchir le sucre, suivant les mêmes principes que ceux qui dirigent les opérations du raffinage.

L'égouttage dans les caisses se fait très-simplement (fig. 36), en débouchant l'ajutage de sortie et laissant couler le sirop d'égout, sous la seule influence de l'atmosphère.

Dans le cas où l'on fait cristalliser en bacs, et dans le cas de la cuite en grains, le mode d'égouttage le plus généralement adopté consiste dans l'action de la turbine ou l'emploi de la force centrifuge, sur les masses cristallisées. La figure 37 donne une idée d'ensemble de la turbine française.

Cette turbine reçoit l'action du moteur de l'usine par une poulie de transmission et une courroie. Le mouvement est commandé par deux cônes à friction de diamètres différents, que l'on peut, à volonté, écarter ou rapprocher, et l'appareil est muni d'un organe de débrayage et d'un frein. Un tube courbe, de petit diamètre, communiquant avec la prise de vapeur, peut, au besoin, apporter un jet de vapeur sur le produit et le laver.

Ordinairement cette turbine présente un diamètre de 0,70 à 0,80 et une hauteur de 0,30 à 0,32 prise sur la

portion active du cylindre intérieur mobile. Avant d'introduire les masses cristallines ou pâtes dans la turbine, et afin d'éviter le mauvais effet qui résulterait des agglomérations cristallines, on fait passer d'abord la matière dans un malaxeur, dont la figure 38 donne une idée très-suffisante.

Fig. 38.

Quand l'eau-mère a disparu, on peut arrêter le mouvement de la turbine, enlever le sucre et l'envoyer au séchoir, sans autre opération, ou bien encore on peut blanchir la masse en jetant dans la turbine des sirops de moins en moins colorés, des clairces successives saturées, qui, passant à travers la couche de sucre, enlèvent les restes de l'eau-mère qui salit et colore le produit. Une clairce préparée à + 100° en saturation, présente les densités croissantes suivantes, à mesure que la matière se refroidit.

TEMPÉRATURES.	DENSITÉS. Poids du litre.	DEGRÉS de Baumé.
°	gr.	°
+ 100	1297,66	33,1
95	1298,82	33,2
90	1300,00	33,3
85	1302,34	33,5
80	1304,70	33,7
75	1307,06	33,9
70	1309,43	34,1
65	1313,01	34,4
60	1315,40	34,6
55	1317,80	34,8
50	1321,42	35,1
45	1325,06	35,4
40	1327,50	35,6
35	1329,95	35,8
30	1333,73	36,1
25	1337,35	36,4
20	1341,07	36,7
15	1344,73	37,0

On remplace ou l'on complète souvent le clairçage par l'action rapide d'un jet de vapeur ménagée que l'on dirige sur le sucre contenu dans la turbine pendant qu'elle est en mouvement et à la fin de l'opération.

9° *Épuisement des eaux-mères.* Après avoir extrait un sucre de *premier jet*, on est en présence d'une certaine quantité d'eau-mère ou de sirop d'égout de premier jet, que l'on doit considérer comme une solution saturée de sucre et d'autres matières solides. En moyenne, ces eaux-mères représentent 45,5 pour 100 de la masse cuite. En les soumettant à une nouvelle concentration, de manière à enlever l'excès d'eau, et à n'en laisser que 10 à 12 pour 100, comme on a fait pour la première cuite, on obtient un nouveau sirop que l'on fait cristalliser en bacs, et dont la cristallisation est plus lente que celle des premiers jets. Les cristaux ne se séparent que dans un laps de temps variant de deux à huit ou dix jours. Quand cette cristallisation est terminée, on sépare les cristaux par les mêmes procédés qui ont été employés pour les premiers jets. On fait encore concentrer les sirops d'égout de deuxième jet, après quoi on les livre à la cristallisation lente, dans de grands bacs ou des citernes, et ce n'est guère qu'au bout de quatre à six mois que l'on peut en isoler les cristaux. En moyenne, 100 kilogrammes de masse cuite produisent:

Sucre de premier jet. . .	54k,70		
Sucre de deuxième jet. . .	10 ,53	=	69,21
Sucre de troisième jet. . .	4 ,18		
Mélasse.			22,79
Total.			92,00
Eau évaporée.			8,00
			100,00

Il va de soi que plus les jus sont riches en sucre et pauvres en matières étrangères, plus aussi les rendements en sucre cristallisé sont élevés. Les données suivantes de Walkhoff fournissent des indications moyennes exactes:

RICHESSE de la masse en sucre sur 100 de parties solides.	RENDEMENT		
	De 1er jet.	De 2e et 3e jets.	Total.
%			%
84	58,3	9,7	68
85	60,2	9,8	70
86	62,0	10,0	72
87	63,6	10,4	74
88	65,4	10,6	76
89	67,0	11,0	78
90	68,8	11,2	80

C'est ici le lieu d'indiquer la pratique industrielle dont j'ai conseillé l'adoption, et qui consisterait à faire rentrer les sucres inférieurs de second et de troisième jet dans la cuite des premiers produits, afin de n'avoir plus dans chaque fabrique qu'un seul type de qualité constante.

10° *Utilisation des résidus.* Les différents résidus de la fabrication sucrière sont:

1° Les *pulpes*, les *cossettes* et les *bagasses;*

2° Les *écumes* et les *dépôts* de *chaulage*, de *carbonatation*, de *phosphatage;*

3° Les *mélasses;*

4° Enfin, les *noirs épuisés.*

Les pulpes pressées, provenant des racines sacchariféres par l'action de la râpe, les cossettes provenant de la division par le coupe-racines, constituent une excellente nourriture pour le bétail, pourvu toutefois qu'elles ne soient ni trop aqueuses, ni altérées. Quant aux bagasses, c'est-à-dire aux résidus de l'écrasement des

cannes par les laminoirs, on les emploie comme combustible dans les pays où l'on traite la canne, mais cette mesure barbare équivaut à se servir de sucre en place de charbon, car bien souvent les 2/5 de la matière saccharine sont restés dans ces résidus, après le laminage. C'est là le principal défaut de la fabrication exotique.

Les écumes et autres dépôts de fabrication, ainsi que les noirs épuisés, sont utilisés en agriculture comme engrais, à raison des matières azotées, des phosphates et des autres sels minéraux qui en font partie, mais auparavant ces résidus doivent être épuisés du jus sucré qu'ils peuvent contenir à l'aide d'une pression énergique, que l'on exécute aujourd'hui d'une façon très-commode au moyen du filtre-presse (fig. 39).

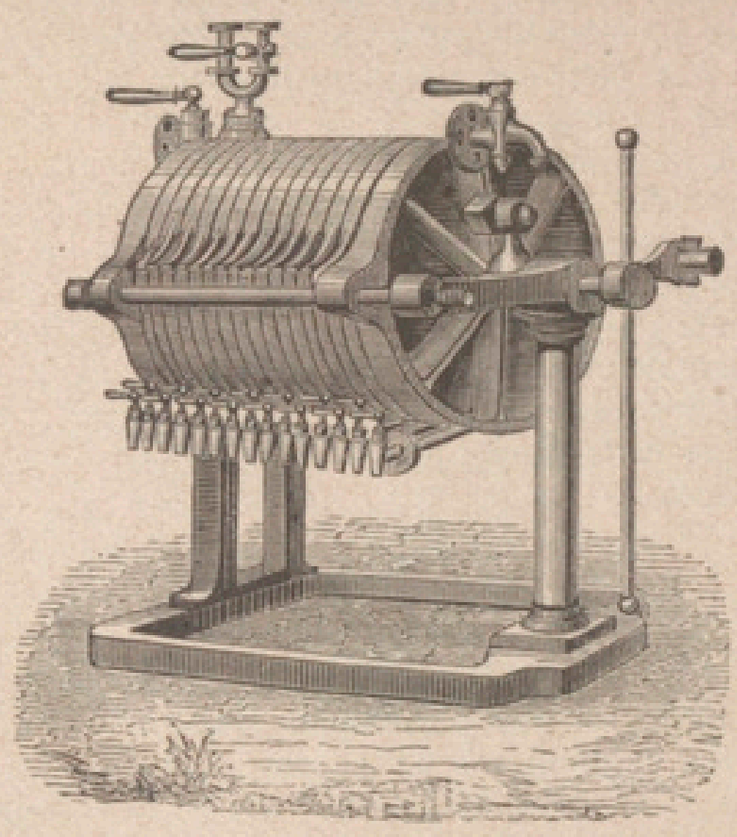


Fig. 39.

En admettant que les mélasses soient une solution saturée des sucres cristallisable et incristallisable et de différentes autres matières, on comprend qu'un des désidérata de la sucrerie repose sur l'isolement du sucre prismatique de ces résidus. En général les mélasses présentent une densité de 1.410 à 1.453, et renferment 18 à 20 d'eau, 50 de sucre (tout sucre), et 30 à 32 de matières étrangères, dont 10 d'alcalis.

Le moyen vulgaire de les utiliser consiste à les soumettre à la fermentation et à en extraire par distillation du rhum, du tafia ou de l'esprit. Les liquides épuisés concentrés fournissent des sels alcalins, surtout dans le traitement des mélasses de betteraves.

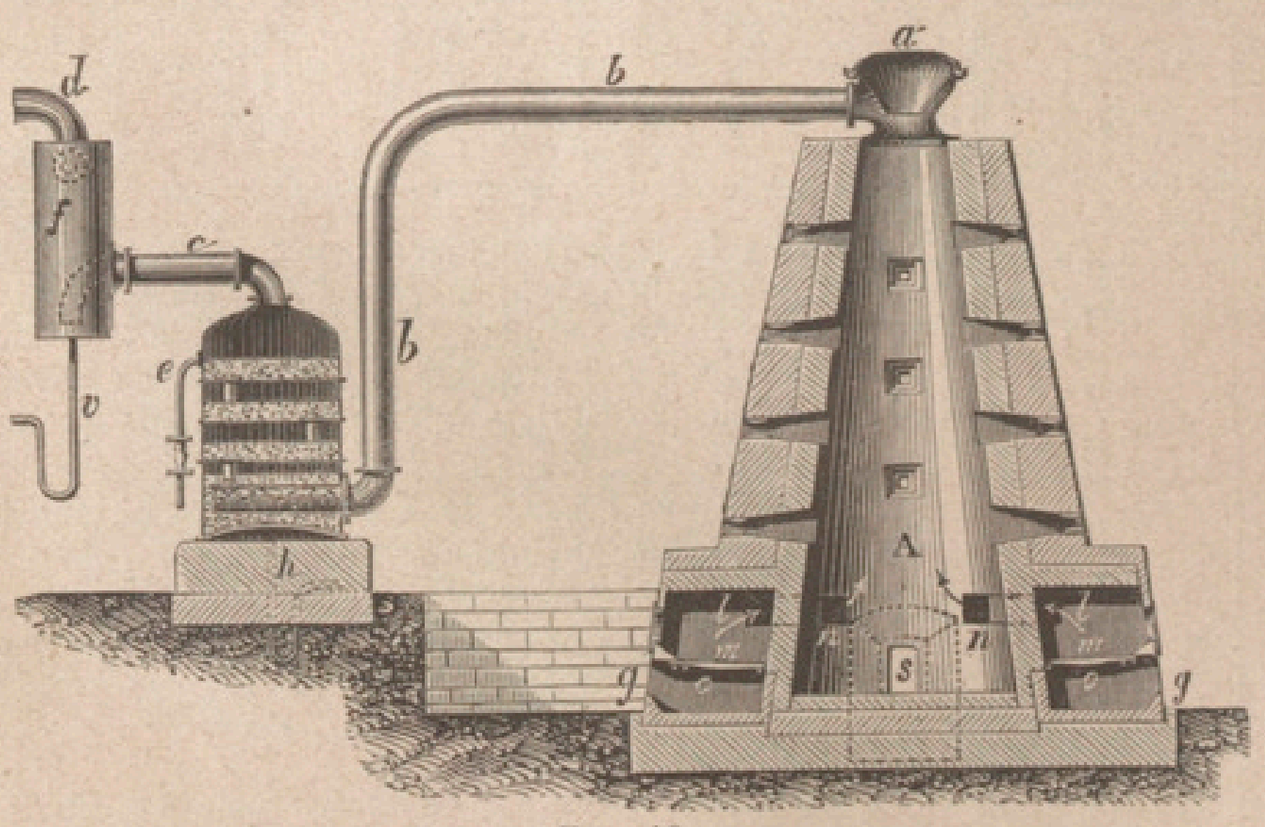


Fig. 40.

J'indique un peu plus loin les principaux moyens conseillés pour extraire le sucre des mélasses.

DES PRINCIPAUX AGENTS CHIMIQUES EMPLOYÉS EN SUCRERIE.

La préparation de la plupart de ces agents a été indiquée en divers articles du *Dictionnaire des Arts et Manufactures*, et s'il en est question ici, même sommairement, c'est seulement dans le but de faire connaître quelques appareils ou quelques procédés plus spécialement usités dans l'industrie sucrière.

1° *De la chaux et de l'acide carbonique.* Pour les usages de la sucrerie, on recherche le calcaire le plus pur, et la chaux se prépare exactement comme par les méthodes ordinaires, bien connues, lorsqu'on n'utilise pas l'acide carbonique qui provient de la calcination de la pierre à chaux. Comme habituellement la fabrication de la chaux est le moyen le plus économique d'obtenir l'acide carbonique, en même temps que la base calcique, on a adopté des engins spéciaux ou des dispositions particulières, qui permettent de recueillir à la fois l'acide carbonique venant du calcaire et celui du combustible. En chiffres, un kilogramme de calcaire commun fournit en moyenne par la calcination 377ᵍ,4 d'acide carbonique; le résidu est de 622ᵍ,6 tenant 480ᵍ,3 de chaux réelle, et 138ᵍ,2 de matières étrangères. On sait encore d'autre part que la combustion de 75 kilogrammes de coke, égalant 70 kilogrammes de carbone réel, fournit en pratique 128ᵏ,34 d'acide carbonique et 81ᵏ,67 d'oxyde de carbone, lorsque la théorie indique comme résultat d'un travail perfectionné 256ᵏ,67 d'acide carbonique.

L'acide carbonique peut être obtenu par les différents moyens suivants:

1° Décomposition du calcaire par la chaleur, avec ou sans utilisation de l'acide carbonique de la combustion, avec ou sans l'intervention de la vapeur d'eau.

Dans les procédés de cette méthode normale, on obtient à la fois la chaux et l'acide carbonique; c'est la meilleure marche à suivre, et l'acide obtenu est d'autant plus pur que l'on n'y mélange pas les produits de la combustion.

2° Méthode mixte, dans laquelle on fait calciner un mélange de calcaire avec du charbon.

3° Oxydation du carbone par la combustion du charbon de bois ou du coke dans des fours spéciaux, au milieu d'un courant d'air produit par aspiration, ce qui est préférable, ou par insufflation, par refoulement.

4° Utilisation du mélange gazeux qui s'échappe des foyers de combustion destinés à chauffer les générateurs, etc. Ce mode est le plus économique, lorsqu'on n'a pas besoin de préparer la chaux.

5° Enfin, utilisation de l'acide carbonique de la fermentation.

Quel que soit le mode de production de l'acide carbonique, ce gaz doit être refroidi et lavé avant d'être envoyé dans le liquide sucré chaulé. Il est bien évident, d'ailleurs, que les appareils de production diffèrent complétement de ceux que l'on emploie pour la fabrication de la chaux seulement, puisqu'ici on est obligé de recueillir les gaz pour les diriger sur un point déterminé. Ce serait un hors-d'œuvre inutile que de vouloir décrire dans une étude sommaire une faible partie des engins qui ont été inventés ou préconisés pour la production du gaz carbonique en sucrerie : tous concourent au même but par de simples modifications de détail.

La figure 40 ci-dessus donne une coupe verticale d'une disposition construite par la maison Cail et Compagnie. A est la cuve d'un four à chaux continu producteur d'acide carbonique. Cette cuve porte des regards par lesquels on peut surveiller l'opération et faire descendre le *calcaire* à mesure que l'on a retiré de la *chaux*, par une des portes inférieures *s*. Le calcaire est introduit par le haut, après qu'on a ôté le couvercle en fonte *a'*. On en remplit toute la capacité et on a soin d'en ajouter à mesure que la production s'effectue. Le foyer est marqué en *m*, et *g* est le cendrier. On brûle le combustible sur la grille *o*, et les gaz chauds pénètrent dans le four en *n* par des carnaux *l*. Le gaz produit est appelé par une pompe aspirante. Il se dirige par le tube *bb* dans un vase intermédiaire, où il est lavé dans plusieurs couches minces d'eau. De là il passe en *f* par *c*, et il laisse déposer la faible proportion d'eau entraînée. Cette eau s'écoule par *v*, et le gaz se rend par *d* vers la pompe et les chaudières de saturation.

Cet agencement est fort rationnel et bien compris sous le rapport de la production du gaz. Le produit se compose, en effet, de l'acide carbonique à peu près pur provenant de la décomposition du calcaire et de celui qui vient du combustible.

Le four allemand de Kindler se distingue par une introduction méthodique du combustible, calculée de manière que le gaz produit ne puisse se décomposer et se réduire au contact du charbon non incandescent; la figure 41 en donne les dispositions principales.

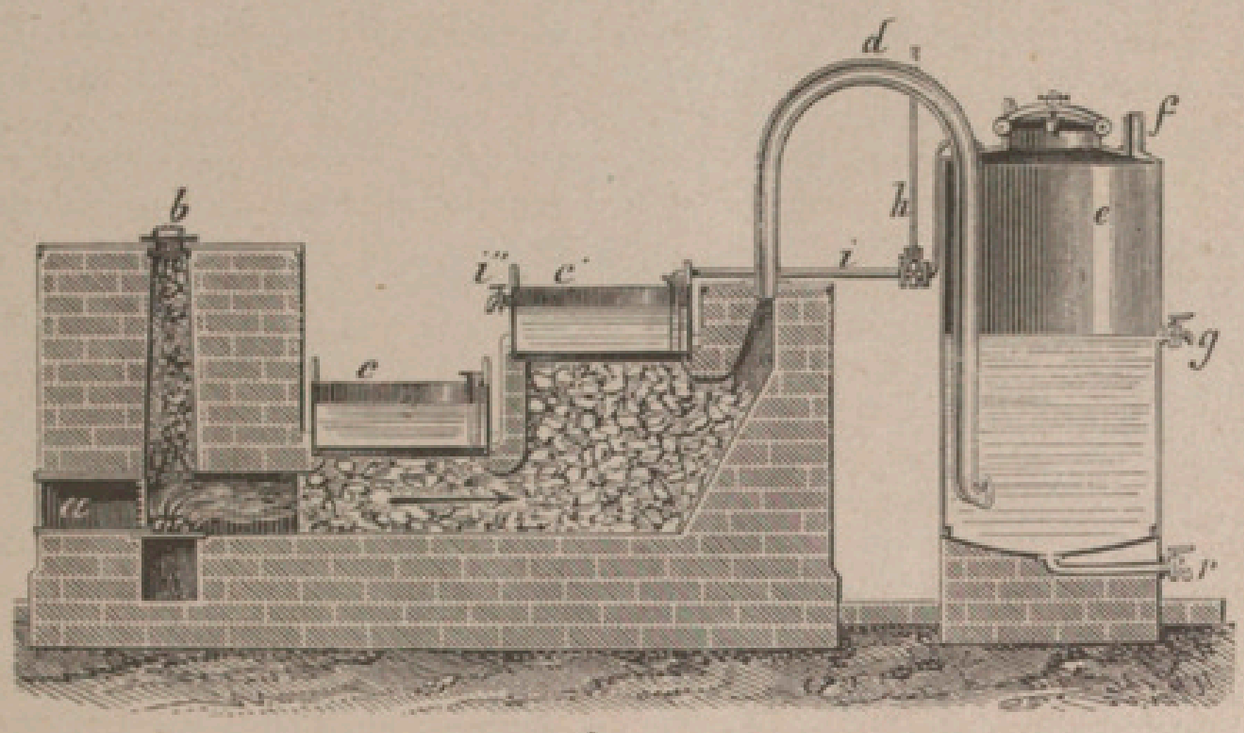


Fig. 41.

2° *Fabrication et revivification du noir d'os.* La fabrication du noir d'os, employé en sucrerie comme décolorant et absorbant, consiste dans la carbonisation en vase clos des os d'animaux, concassés au préalable et débarrassés de leurs matières grasses par l'ébullition. Les os *verts*, par opposition aux os *secs*, qui ont été longtemps exposés à l'air, renferment un maximum de susbtance organique, et donnent par la calcination un maximum de charbon et un produit très-décolorant. La calcination de ces matières se fait de différentes manières: ou bien dans des pots couverts disposés sur les côtés d'un fourneau de galère, ou dans des cornues en D, quand on veut recueillir les produits gazeux de la calcination. Le charbon obtenu, refroidi, est trituré en noir en grains et en noir fin, que l'on sépare par le blutage. Le produit de 1000 kilogrammes d'os se dédouble ainsi:

Graisse 6 %.			60 kilog.
Noir 60 %	Noir en grains 475		600
	Noir fin. . . 125		
Perte 34 %.			340
			1000 kilog.

Le prix de revient des 100 kilogrammes de noir est de 10 francs environ.

La revivification consiste dans les procédés employés pour rendre au noir qui a servi sa propriété décolorante. Pour cela, on le débarrasse par un lavage des matières solubles, et on le calcine à nouveau pour carboniser les matières organiques absorbées. On peut revivifier le noir de 20 à 25 fois; la perte éprouvée à chaque opération étant de 4 à 5 pour 100.

Je dois ajouter cette considération pratique, relativement à la revivification, que le noir perd de sa valeur, comme absorbant et comme décolorant, par les nouvelles calcinations qu'on lui fait subir, en sorte que la perte de 4 à 5 pour 100 attribuée à chaque opération, ne doit se comprendre que pour la diminution de poids, la perte relative à la qualité utile étant tout à fait en dehors de cette appréciation sommaire.

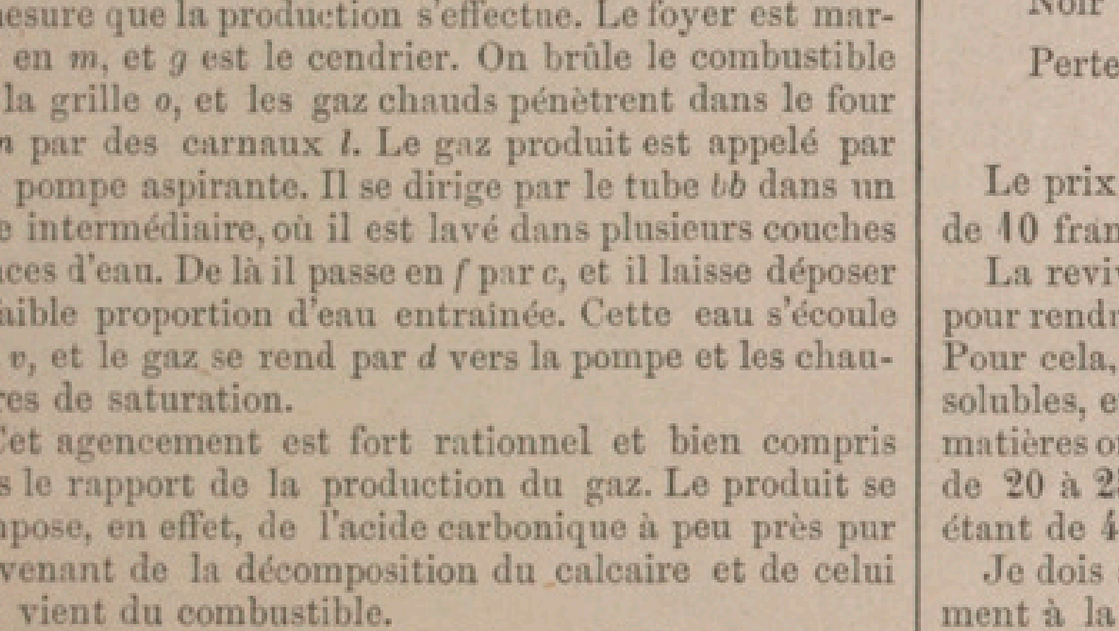


Fig. 42.

Le lavage du noir se fait par l'action de l'eau seule ou des lessives alcalines, mais de préférence par l'acide chlorhydrique faible ou l'acide acétique. A la suite du lavage par les liquides acidules, qui ont surtout pour objet de séparer la chaux absorbée, on comprend qu'il faille faire un lessivage très-complet à l'eau seule, pour enlever l'acide et surtout les sels de chaux formés par le lavage. Les opérations de lavage s'exécutent en France à l'aide de la vis d'Archimède, dont la figure 42 fait voir en plan la disposition spéciale. En Allemagne on a adopté, depuis quelques années, le laveur de Klusemann, représenté par la figure 43.

Cette machine reçoit le charbon par la trémie A, vers la partie la plus déclive; un filet d'eau arrive à l'autre extrémité par le tube à robinet *t* et se répand, de proche en proche, dans les cases successives 6, 5, 4, 3, 2, 1. Un arbre extérieur anime, d'un mouvement

très-lent, des palettes qui ont pour fonction de prendre le noir dans une case et de le faire passer dans la case suivante, à la rencontre du courant d'eau. L'extrémité des palettes est une lame en fer, présentant une certaine flexibilité, et le noir, doucement soulevé par ces doigts artificiels, passe dans une case voisine, en ne franchissant chaque fois qu'une faible hauteur, ce qui ménage la matière tout en lui faisant subir un bon lavage.

Un autre mode de traitement du noir consiste à profiter de cette circonstance qu'il renferme du sucre, des matières azotées altérables, des ferments et d'autres matières de nature analogue, et à le soumettre à la fermentation pour séparer toutes ces matières étrangères. On produit cette destruction, soit par immersion dans l'eau tiède à 30° ou 35°, soit par la simple exposition du noir humide en tas au contact de l'air. La première opération, ou fermentation humide, dure 8 à 10 jours; la seconde, ou fermentation sèche, exige 15 à 20 jours. Elles doivent être évidemment toutes deux suivies d'un lavage à l'eau.

Le traitement du noir par les alcalis ne paraît pas devoir être adopté par la pratique, à raison de sa cherté et des inconvénients qu'il peut entraîner.

Après ces opérations préparatoires le noir est soumis à la calcination, comme il a été dit, et l'on a inventé pour cet objet une multitude de fours à revivifier, dont quelques-uns offrent en pratique de bonnes conditions de travail. En France, le four Blaise est généralement adopté, et il est assez connu pour que je puisse éviter d'en faire une description spéciale. Le four Blaise fournit deux hectolitres de noir revivifié par tube et par 24 heures.

Un des meilleurs fours employés en Allemagne est celui de Schatten, qui rend 360 kilogrammes par tube et par 24 heures, mais auquel on peut reprocher de fournir un produit mal calciné, à raison du diamètre trop grand de ses tubes. La figure 44 donne une coupe verticale de la disposition de Schatten.

D'un foyer A les gaz pénètrent dans un four B. Dans ce four sont disposés des tubes de calcination verticaux *fff* en fonte, ouverts par le haut et fermés en bas par un registre. Le quart inférieur *aa* de ces tubes sort du four à travers une plaque de fonte et sert pour refroidir le noir. Le second quart *bb* est exposé à la plus grande chaleur du foyer, et c'est dans cette partie que se fait la calcination, qui est à peine commencée dans le troisième quart *cc*, et le quatrième quart *dd* sert à compléter la dessiccation, commencée en C sur une plate-forme chauffée par le carneau qui conduit les gaz à la cheminée. Ces portions des tubes sont séparées par des plateaux solides en fonte *e e' e'' e'''*.

Le noir, séché plus au moins complétement sur la plate-forme, est jeté dans les tubes. Une partie se calcine en *bb*, tandis que, dans la *mise en train*, la partie contenue en *aa* doit être reprise pour être rejetée dans les tubes. On retire cette portion, et le contenu de *bb*, descendant en *aa*, se trouve remplacé par les portions supérieures. On remplit les tubes par le sommet. Après cette première opération, on retire, toutes les 20 minutes, 5 kilogrammes de noir refroidi, par le registre du bas, et l'on recharge en haut. La marche se suit alors uniformément.

On évalue la température la plus utile à la revivification à une moyenne de + 275°, et le noir qui a subi cette opération augmente de densité dans une proportion très-notable. L'hectolitre de noir neuf pèse 77 à 80 kilogr., et le noir revivifié pèse de 90 à 115 kilogr.

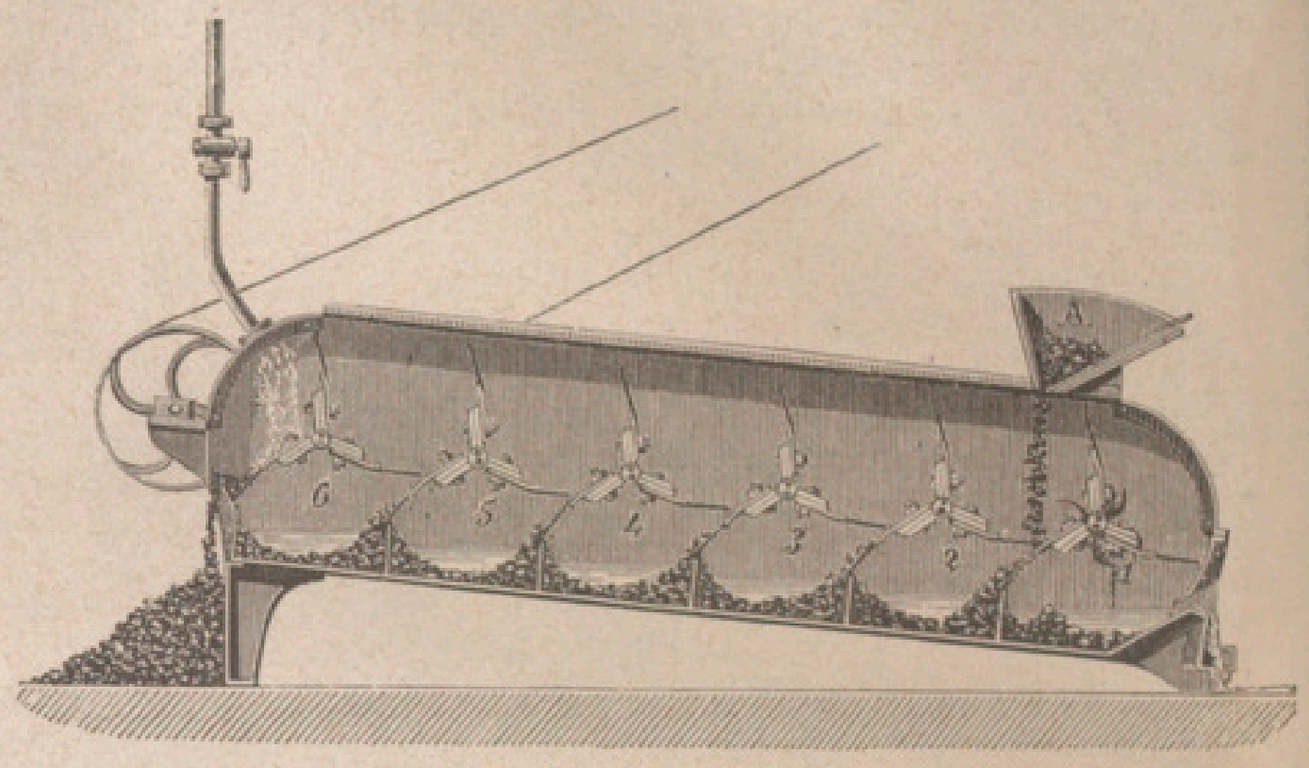


Fig. 43.

Je mentionne seulement pour mémoire la revivification à l'aide de la vapeur surchauffée à + 300°, proposée par MM. Laurent et Thomas, et qui n'a pas encore été adoptée par la pratique.

3° *Du tannin.* Depuis que j'ai conseillé, en 1854, l'emploi du tannin en distillation et en sucrerie, dans le but d'améliorer la valeur des résidus alimentaires, en augmentant leur richesse en matières azotées, de purifier les moûts et les jus en les débarrassant de l'excès de ces substances qu'ils renferment ordinairement, et de favoriser par suite le travail de la fermentation en distillerie et de la purification des jus en sucrerie, il s'est opéré sur cette donnée un mouvement dont l'importance n'est pas contestable. Les observations faites

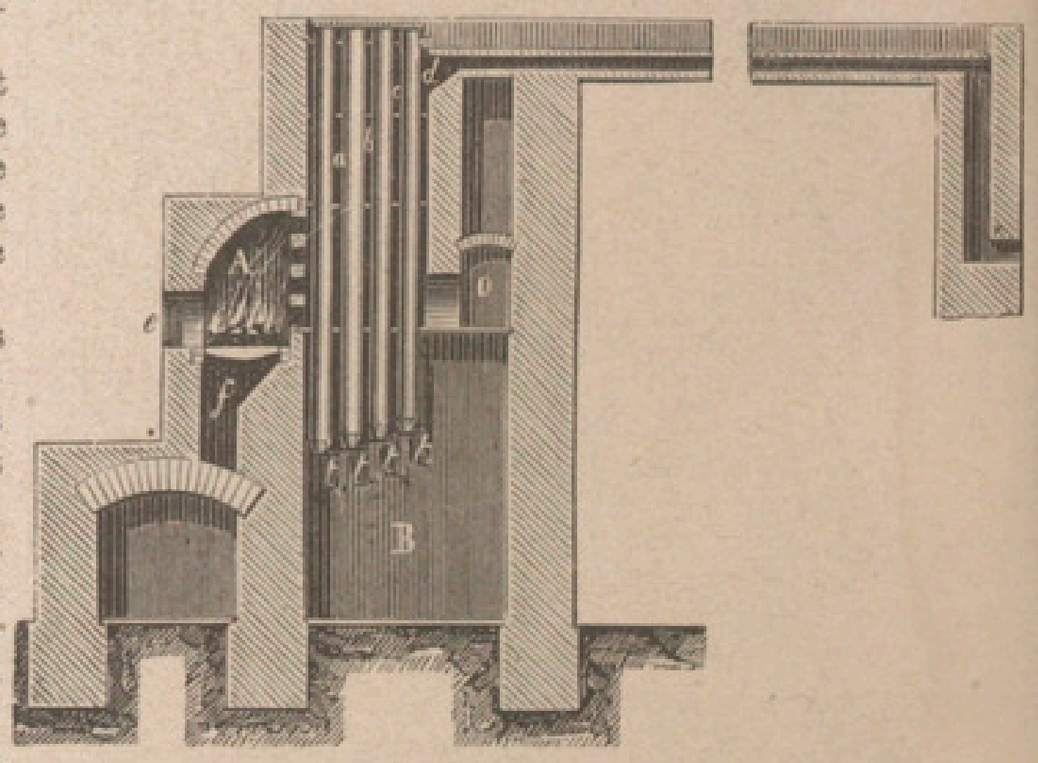


Fig. 44.

en Allemagne ont complétement justifié mes conseils et mes prévisions, sous cette réserve cependant que, dans les fabriques allemandes, l'emploi du tannin s'est borné à des expériences concluantes, qui sont restées à l'état platonique. En France, la sucrerie n'a pas encore procédé dans cette voie, mais la distillerie ayant déjà commencé à substituer les astringents aux acides minéraux, l'idée a fait du chemin, et il s'est organisé une fabrique assez importante d'extraits tanniques, applicables à la purification des jus et des moûts.

Quoi qu'il en soit, au lieu d'employer le tannin des droguistes, tannin de Pelouze, ou acide gallo-tannique, isolé de la noix de galles, on agit d'une manière beau-

coup plus simple et plus méthodique en se contentant de se servir de l'infusion des écorces ou des fruits astringents, pourvu que ces matières ne renferment pas de principes vénéneux, de matières gommeuses ou sucrées, ni de substances colorantes rebelles aux actions ordinaires de la sucrerie.

Je n'ajouterai qu'un mot au sujet de l'emploi du tannin. La plupart de ceux qui en ont fait usage ont commis une erreur très-grave. Le jus tanné tient en suspension des particules très-ténues de tannate d'albumine, qu'il est très-difficile, sinon impossible, de séparer par filtration. Si l'on ne sépare pas ces matières avant le chaulage, le tannate se décompose par l'action de la chaux, l'albumine et les matières azotées se redissolvent sous l'influence des alcalis libres, et l'on est certain d'avoir, quoi qu'on fasse, une cuite mousseuse, de mauvais sirops recouverts d'une couche visqueuse de matières gélatineuses, en un mot, de faire un mauvais travail. Il est un moyen très-simple d'éviter cet inconvénient, lequel consiste à faire bouillir les jus pendant quelques minutes, seuls ou avec un peu de phosphate acide de chaux, avant le chaulage. Le tannate se précipite très-rapidement par le repos, et les jus décantés peuvent être chaulés sans donner lieu à l'accident qui vient d'être mentionné.

4° *De l'acide phosphorique et des phosphates solubles.* La préparation de ces corps a déjà été décrite dans les pages du Dictionnaire; je ne m'y arrêterai donc point, et je me contenterai d'insister encore une fois sur la nécessité de transformer les alcalis en phosphates, si l'on veut éviter la recoloration des sirops, malgré des filtrations réitérées sur noir. L'acide phosphorique et les phosphates solubles sont presque les seuls agents utilisables qui ne portent pas obstacle à la cristallisation du sucre.

EXTRACTION DU SUCRE DE BETTERAVE.

Les notions générales qui précèdent suffisent au point de vue technologique pour qu'un industriel sérieux, habitué à la chimie de la manufacture, puisse traiter les jus de toutes les plantes saccharifères. Il est donc inutile de s'étendre sur les détails relatifs à l'extraction du sucre de telle ou telle plante, puisque le traitement des diverses matières saccharifères est toujours conforme aux règles générales qui viennent d'être résumées. Cependant, comme il peut être utile de comparer avec quelques détails les différents procédés et les appareils plus ou moins perfectionnés, employés par la pratique moderne, je crois devoir passer rapidement en revue les principales questions relatives à l'extraction du sucre de la betterave et de la canne, et surtout au point de vue des différences que peut présenter le travail manufacturier. En plaçant l'étude de la betterave en première ligne, on commet, à la vérité, un anachronisme incontestable, puisque la canne à sucre a été la matière première de l'extraction du principe saccharin bien avant qu'il ne fût question de la betterave; mais comme le travail technique de cette dernière s'est emparé depuis longtemps de la première place industrielle, pendant que la canne est restée en arrière, dans une imitation lointaine des procédés employés pour sa rivale, c'est par la racine européenne qu'il est utile de commencer ce résumé, la sucrerie de cannes n'étant plus qu'une reproduction ou une imitation de la sucrerie européenne.

C'est en 1747 que Margraf isola le sucre de la betterave; trente-cinq ans plus tard (1782), le chimiste Achard reprit ces expériences oubliées et, en 1799, il était arrivé à extraire de la betterave du sucre en pains, dont la moscouade ne devait revenir qu'à 0f,75 au kilogramme. Les travaux d'Achard, dans son domaine de Kunern, trouvèrent des imitateurs en Allemagne et en Russie; mais les événements politiques arrêtèrent l'élan de la nouvelle industrie en Allemagne jusque vers 1836.

En France, dès 1799, sur les communications d'Achard, une commission de l'Institut fut nommée et fit un rapport favorable à la nouvelle industrie. Mais ce fut surtout la condition particulière créée par le blocus continental qui donna à la sucrerie indigène une puissante impulsion, grâce à la protection de l'empereur Napoléon Ier, qui s'efforça, par tous les moyens possibles, de constituer la nouvelle industrie. La Société d'encouragement apportait elle-même son contingent d'efforts, et les travaux des Drapiez, des Lampadius, des Derosne, des Bonmatin, des Chaptal, des Mathieu de Dombasle et d'une foule d'autres, créèrent en quelques années l'ensemble de la sucrerie française, auquel le temps n'a fait qu'apporter de nouvelles conditions de stabilité par les progrès de détail, relatifs surtout à l'outillage, qui ont été introduits dans la pratique.

La râpe de Buretté, la râpe de Thierry, les pilons de Drapiez, la cardeuse Pichon et Moyaux, les râpes de Caillon, de Sauer-Schwabenheim, de Dombasle, abandonnées depuis, il est vrai, ont servi à établir les principes sur lesquels repose la division de la matière saccharifère.

La presse continue de Lauvergnat, celle d'Isnard, et quelques autres, ont précédé l'emploi de la presse hydraulique et des presses continues de la fabrication moderne.

Le lévigateur de Pelletan (1837) appliqua l'hélice à l'extraction du jus par lévigation; le déplacement de la matière sucrée fut également opéré par lévigation par le procédé Huard et Fonju; le filtre-presse du comte Réal employait l'action d'une colonne d'eau pour épuiser la matière, à peu près dans les mêmes conditions que M. Moreau d'Arluc a cherché depuis (1856) à mettre en pratique. M. Legavrian appliquait l'action du vide par aspiration à l'enlèvement du jus sucré; l'illustre Mathieu de Dombasle créait la méthode de macération, et l'appareil de Delimal produisait une bonne application mécanique des principes de Dombasle. Divers inventeurs tentèrent même de produire la macération continue et, parmi eux, on peut citer Hallette et Boucherie, dont le macérateur à effet constant représente une tentative ingénieuse pour l'utilisation de l'hélice à axe vertical.

Cette première période de la sucrerie indigène offre aux observateurs les données les plus curieuses sur les différentes parties du travail usinier, pour lequel tout se créait, depuis les presses à écumes jusqu'au filtre Dumont, depuis la chaudière Hallette, encore employée en défécation, jusqu'à la chaudière de Dubrunfaut et à celle de l'ecqueur, qui pourraient encore aujourd'hui rendre des services dans un grand nombre de circonstances.

La fabrication du sucre de betteraves est entrée dans la période des progrès scientifiques. Aujourd'hui, le fabricant cherche à savoir ce qu'il fait et à procéder suivant les indications d'une saine technologie. Il apprécie sa matière première par les caractères extérieurs, suivant les constatations de la pratique; il en recherche les caractères essentiels en observant la densité du jus, la richesse absolue en sucre, la richesse relative en sucre, par rapport aux autres matières solides, la proportion et la nature des matières minérales et, enfin, la proportion des matières azotées. Ce sont ces observations préalables qui lui permettent de se rendre compte de la possibilité de traiter telle ou telle matière première sans s'exposer à des pertes ou à des déceptions.

La préparation des racines se fait d'après les principes généraux indiqués précédemment. Parmi les instruments de division, il est juste de mentionner le coupe-racines de Champonnois pour la division en cos-

settes, les râpes de Pesca, de Klusemann, de Robert et de Champonnois, dont la puissance est très-considérable. Le dispositif de l'engin de Klusemann, fig. 45, mérite une mention particulière, à raison du moyen ingénieux à l'aide duquel l'action des poussoirs mécaniques se trouve supprimée. Au fond, cet instrument ressemble aux autres râpes, en ce qui concerne le tambour et la garniture de lames. Mais, à la partie antérieure du tambour et en avant de celui-ci, on remarque un cylindre *c*, muni de cannelures qui forment des espèces de cames, et qui est commandé par une roue dentée *a*. Cette roue est sous la dépendance d'une poulie qui reçoit le mouvement par un manchon disposé sur l'arbre du tambour, et elle ne fait qu'un tour pour 25 tours de râpe. Il en résulte que le cylindre à cannelures *c*, marchant en sens contraire du tambour, est animé d'un mouvement très-lent par rapport à celui de la râpe.

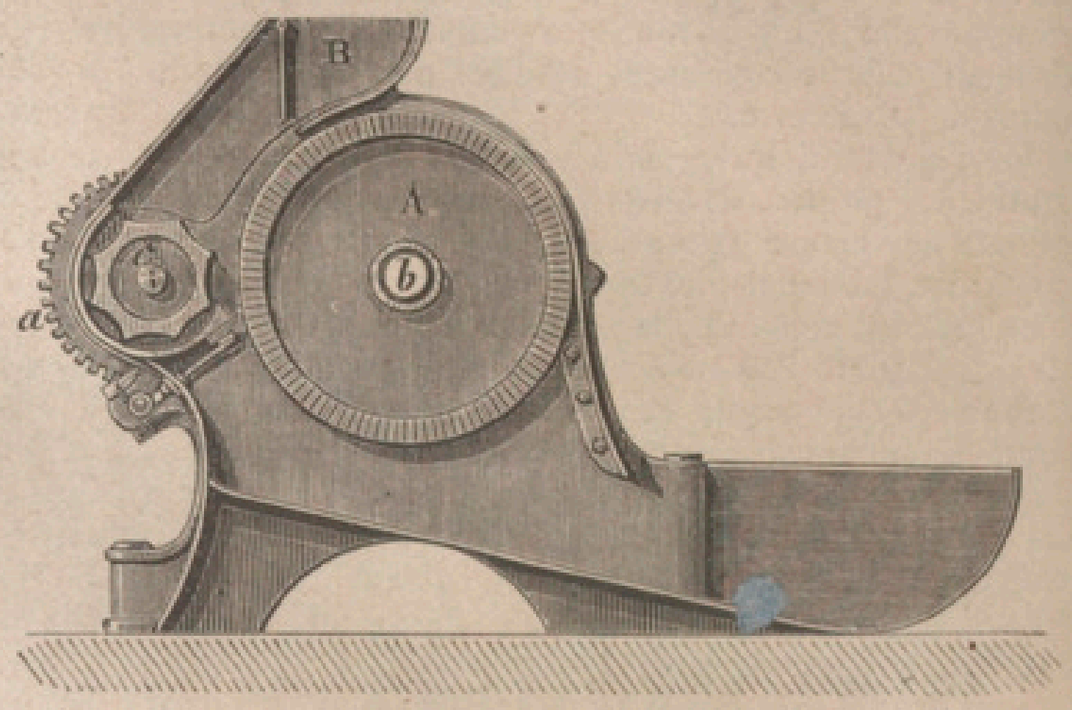


Fig. 45.

Les betteraves, jetées dans la trémie B, poussent un volet mobile disposé verticalement au fond de cette trémie, et elles pénètrent dans un espace inférieur, entre le tambour et le cylindre. Elles se trouvent alors saisies par les cannelures et pressées uniformément contre le tambour, sans pouvoir rétrograder vers la trémie. Le volet mobile, en se relevant, se trouve appuyé contre la paroi oblique de la trémie et s'oppose à tout mouvement de ce genre. Dans cette machine, fort bien comprise, le travail est d'une grande uniformité et la pression est constante.

La râpe de Champonnois est très-puissante et peut produire de 6 à 7,000 kilogrammes de pulpe par heure, pourvu qu'elle soit activement alimentée, et c'est un des meilleurs instruments qui existent pour la division des racines.

On évalue qu'une surface active de râpe, égale à 70 décimètres carrés, suffit à un travail de 1,000 kilogrammes par heure, à raison de 650 tours par minute, ce qui produit une surface développée de 27,300 mètres. On compte un cheval-vapeur pour 450 kilogrammes de betteraves par heure de travail. Enfin, pour empêcher les lames de s'obstruer, on fait arriver sur le tambour un filet d'eau, dans la proportion de 20 à 25 pour 100 du poids des racines. Il est utile que cette eau soit aussi pure que possible.

Lorsque la pulpe est produite, elle est soumise à la pression. Un pelleteur mécanique (fig. 46) introduit cette matière dans les sacs, dont la charge moyenne correspond à 150 grammes par décimètre carré. Quelquefois, la pulpe se place seulement sur des toiles, dont on relève les angles, et que l'on sépare par des claies, comme on le fait d'ailleurs pour les sacs. On forme dans les deux cas des piles de pression, que l'on soumet le plus souvent à une pression préparatoire, puis ensuite à l'action de la presse hydraulique. En moyenne, en travaillant avec des piles de $1^{m},40$ de haut formées par 61 sacs de $0^{m},70$ de côté, on peut très-bien suffire à une fabrication de 50,000 kilogrammes à l'aide de deux presses hydrauliques.

L'observation pratique a démontré que le produit en jus augmente avec la durée de la pression pendant les 30 premières minutes. Sur 100 parties de pulpe normale, sans eau à la râpe, on a obtenu, en moyenne, par une pression de $32^{k},3975$ au centimètre carré, sur des piles de $0^{m},48$ de côté :

En	5 minutes.	69 p. 0/0 de jus.		
	10 —	74,45	Diff. en plus	5,75 0/0
	15 —	78,55	—	3,70
	20 —	80,50	—	1,95
	25 —	81,45	—	0,95
	30 —	82,20	—	0,75

Après une durée de 30 minutes, les résultats cessent d'avoir la moindre valeur. En général, le produit est plus considérable avec des pulpes très-finement divisées et avec un jus moins visqueux, mais avec une seule pression, si énergique qu'on la suppose, il reste encore environ 1/6 du jus réel dans les pulpes. Aussi a-t-on proposé d'employer la lévigation ou la macération pour retirer les matières solubles qui se trouvent encore dans les tourteaux pressés, mais ce genre d'amélioration ne semble pas encore avoir fait des progrès bien significatifs.

La grande tendance de la fabrication actuelle se porte vers le remplacement des presses hydrauliques par les presses continues, dans le but surtout d'éviter une partie des dépenses de la main-d'œuvre qui influent énormément sur le résultat définitif. Les différentes questions industrielles soulevées par l'essai et l'emploi d'un grand



Fig. 46.

nombre de ces presses ne sont pas encore assez résolues pour que l'on puisse en apprécier d'une manière définitive les conséquences pratiques.

En Allemagne, plusieurs fabricants extraient le jus par la turbine, mais cette méthode ne fournit que des résultats peu satisfaisants en présence de la grande quantité d'eau nécessaire pour obtenir l'épuisement complet.

L'extraction du jus par la macération se pratique par différentes méthodes : celles de Mathieu de Dombasle, celle de Schützenbach, etc. ; mais le système de Robert, connu sous le nom de procédé de diffusion, a trouvé outre-Rhin un grand nombre de partisans. Il sera dit plus loin un mot de ces différentes méthodes, considérées comme procédés particuliers.

Après l'extraction du jus, dans tous les systèmes possibles, on procède à la purification.

4° *Purification du jus.* — Comme cette partie du travail moderne a été l'objet d'une foule de procédés et de méthodes, il convient d'insister sur ce point, qu'elle repose sur la nature et la quantité des matières étrangères au sucre qui se trouvent renfermées dans la liqueur. Or, le jus contient en moyenne, dans de bonnes conditions, 1,5976 de matières étrangères, dont 0,7703 de sels et 0,8273 de matières azotées et autres, et ce sont ces matières que l'on a pour but d'éliminer dans la purification.

La défécation par le chaulage, à la température de $+85^0$ à $+90^0$, présente une action assez nette, pourvu que la proportion de chaux soit portée à la dose convenable, mais on admet que le chaulage n'enlève guère que 15 à 18 pour 100 des matières étrangères, tant dans les écumes que dans les dépôts, en sorte que cette réaction ne peut pas être considérée comme suffisante.

Les vases dans lesquels se fait cette opération sont très-surbaissés dans la pratique allemande (fig. 47). Le faux-fond, en tôle ou en fonte, est indiqué par *ee'* ; *d* est le robinet qui permet l'introduction de la vapeur, *f* sert au retour du produit de la condensation, et le syphon *b* sert à soutirer le liquide par les robinets *cc*. Dans un autre dispositif, *b* est remplacé par un robinet de fond, et il existe un petit purgeur pour faire sortir l'air du faux-fond, quand on y introduit la vapeur, ce qui est d'une utilité incontestable.

Les chaudières françaises ont beaucoup plus de hauteur, et la pratique démontre que les précipités s'y font mieux et que la clarification y est meilleure. La fig. 48 représente un très-bon type des constructeurs Brissonneau. La coupole et le cylindre de cette chaudière sont réguliers; *a* est la manivelle qui permet de faire fonctionner sans se baisser le robinet de vapeur de la prise A. B est le tube de retour de la condensation du faux-fond.

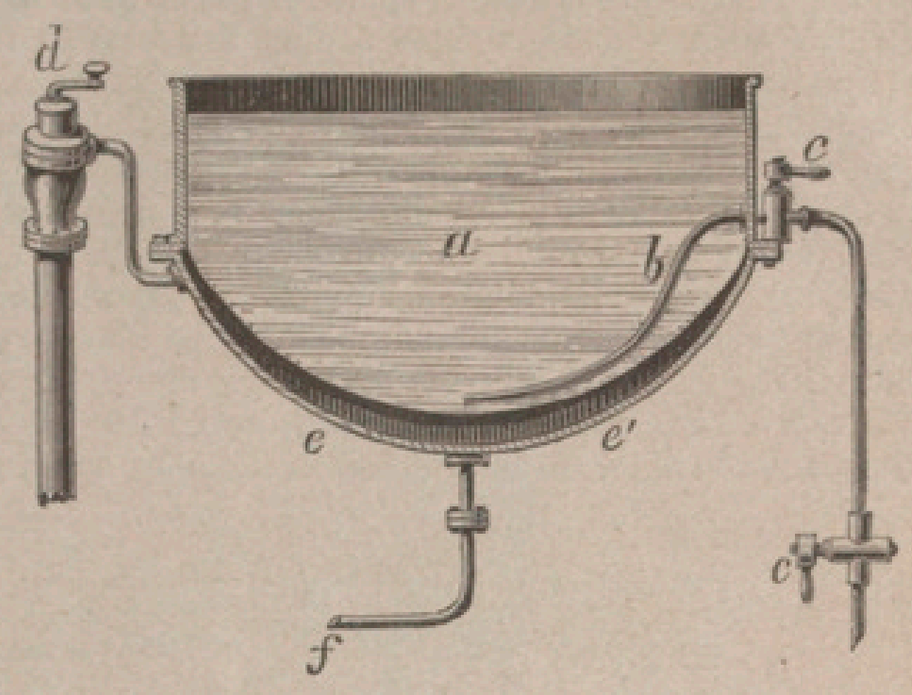


Fig. 47

Un tube abducteur D, à deux branches, porte le liquide à sa destination. Une particularité assez remarquable de ce dispositif consiste en ce que le tube C, qui amène la liqueur au tube D, est percé de fentes verticales, destinées à laisser passer le jus tout en retenant les matières suspendues.

Les résidus sont épuisés par le filtre-presse, mais il serait utile de les laver avant cette pression, pour atténuer le jus qu'ils renferment et diminuer la perte qui en est la conséquence. Cette perte représente environ 50 pour 100 du poids des écumes, c'est-à-dire 17k,5 par 1000 kilogrammes de jus.

Le jus chaulé est soumis à l'action de l'acide carbonique ou à la saturation, dans le but d'enlever l'excès de chaux, comme il a été dit plus haut. La forme des chaudières à saturation est très-variable. La figure 49 représente un des bons modèles de la forme quadrilatère,

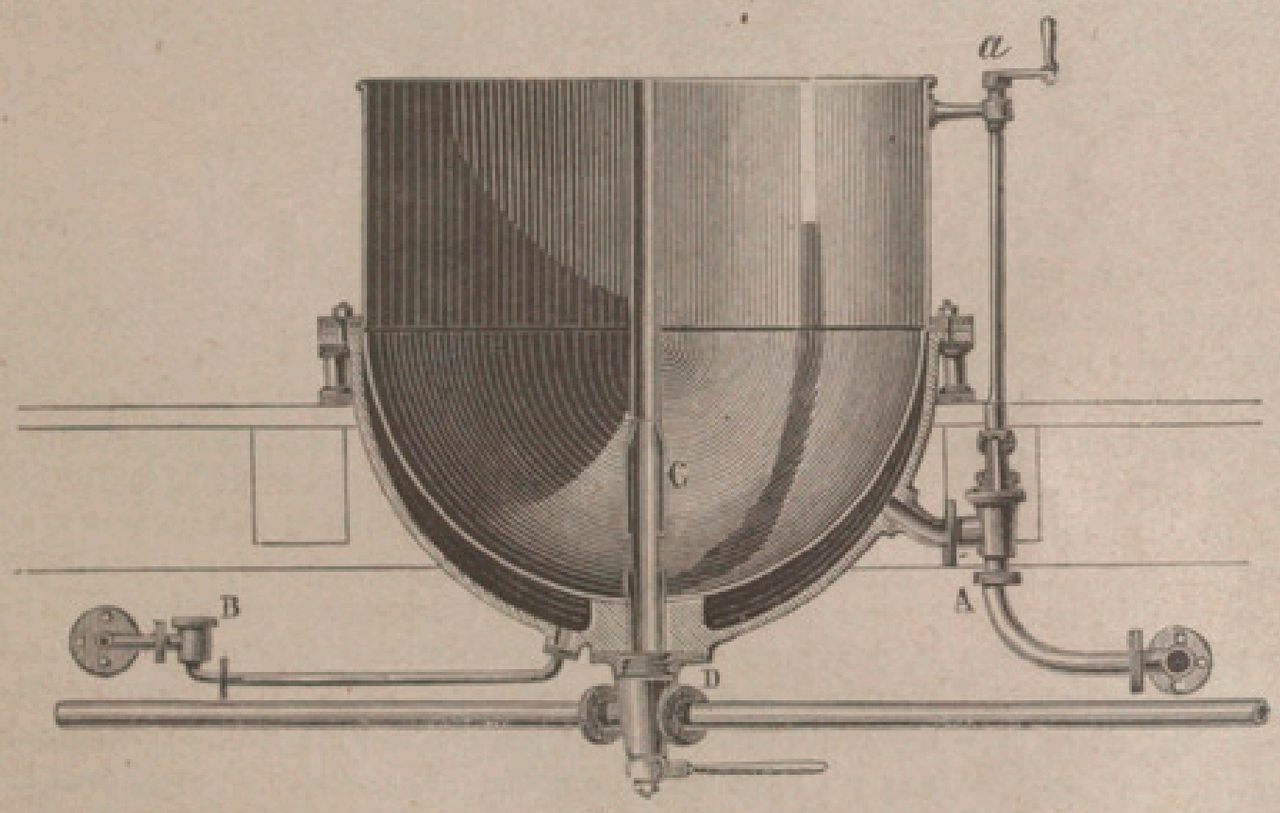


Fig. 48.

adoptée par la maison Cail. La réaction de l'acide carbonique, découverte par Barruel, est devenue une des nécessités de la fabrication moderne perfectionnée. L'acide carbonique décolore les liquides et précipite une partie notable des matières étrangères, surtout quand on additionne dans le travail un peu de chaux par fractions, pour atteindre le maximum des effets cherchés.

Quoi qu'il en soit, les jus chaulés, qui ont subi la carbonatation, sont encore, dans l'universalité des fabriques, soumis à la filtration sur noir, et l'on ne prend pas

les précautions nécessaires pour transformer les carbonates alcalins dont l'action sur le glucose détermine à un moment donné la recoloration des jus et des sirops. Le noir neuf décolore quatre à cinq fois plus que le vieux noir revivifié, et la décoloration croît avec la quantité du noir, sans cependant que le résultat soit proportionnel au chiffre employé.

Le filtre Dumont a été beaucoup modifié dans la pratique, et aujourd'hui on emploie très-fréquemment des filtres en batterie ou en circulation, fonctionnant sous pression. La figure 50 indique la coupe d'un de ces filtres. Au fond du cylindre se trouve une grille au-dessus de l'espace *e*; cette grille présente des interstices assez étroits, et le plus habituellement on la re-

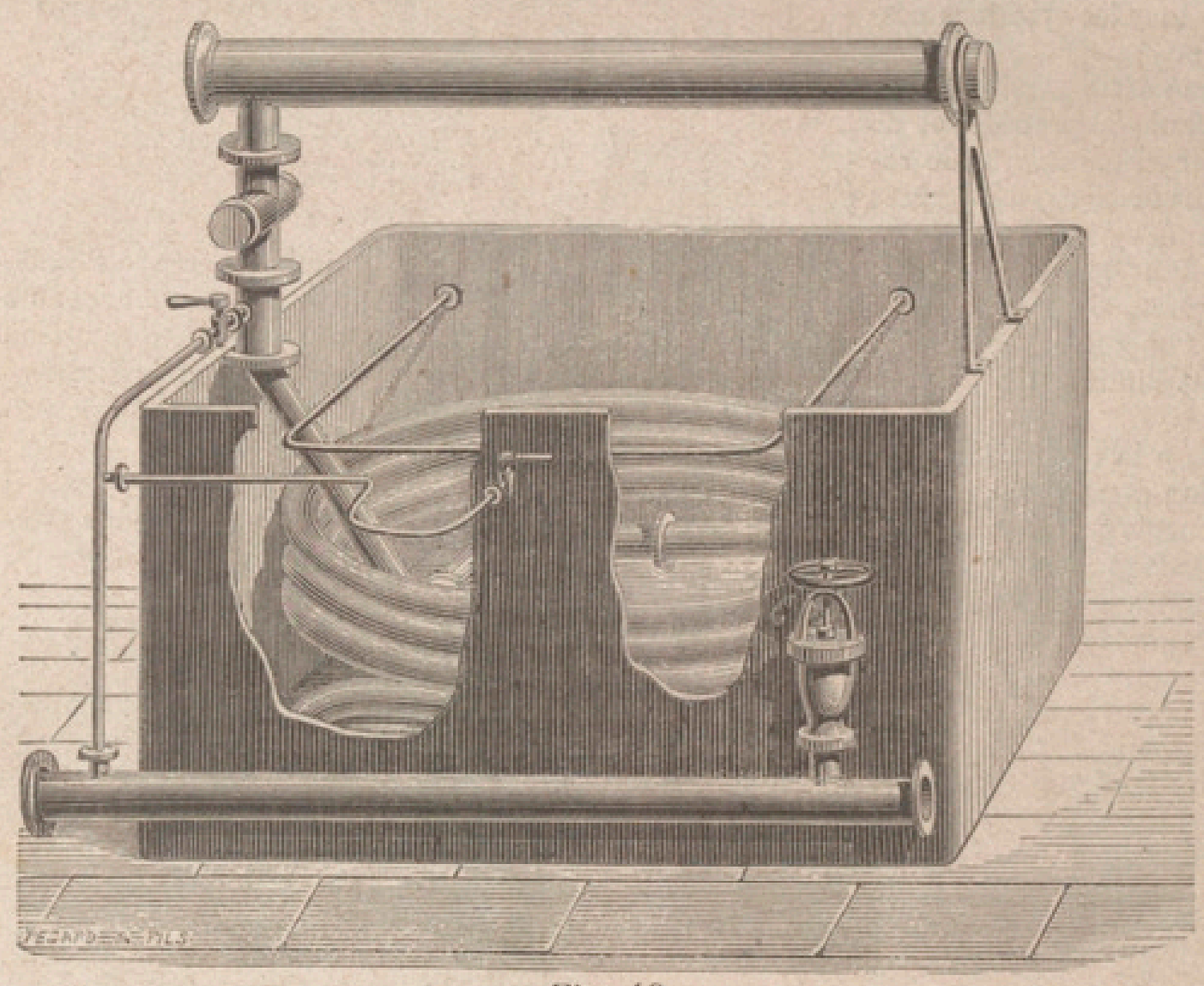


Fig. 49.

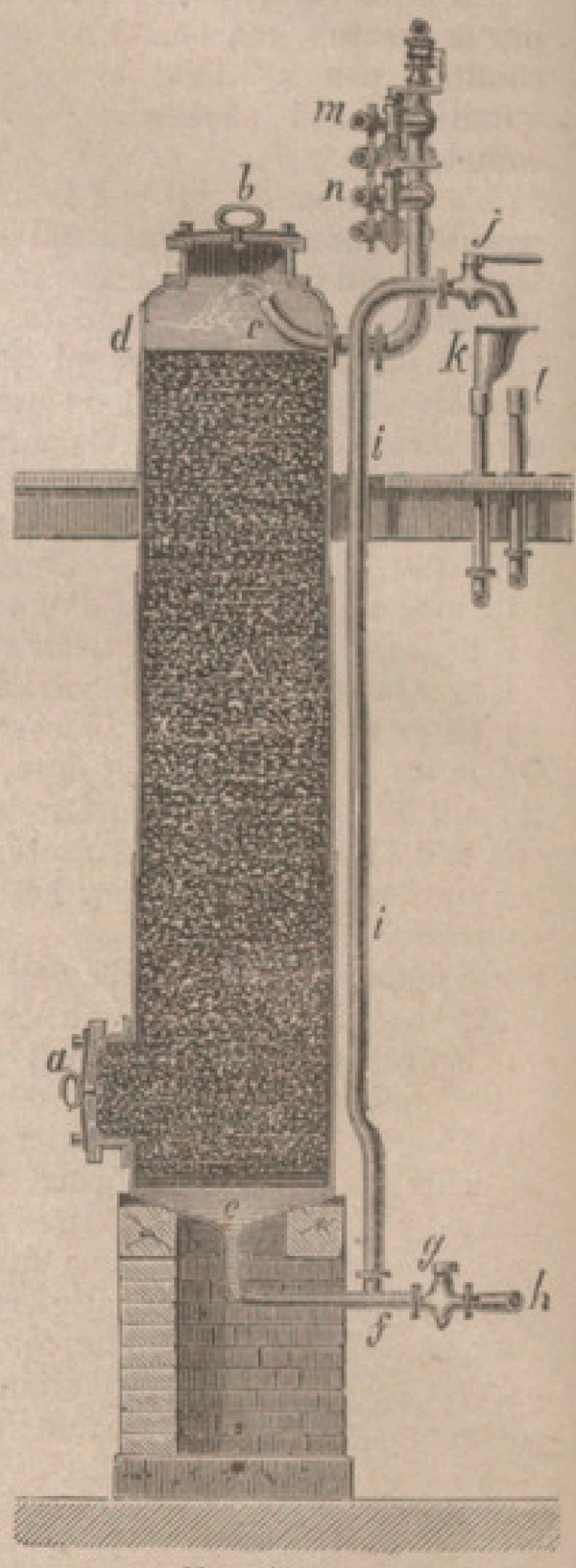


Fig. 50.

couvre d'un canevas mouillé ou d'un treillis. En bas et en arrière du filtre, au-dessus de la grille, un trou d'homme *a* permet de faire la vidange du noir épuisé. Un autre trou d'homme *b* ferme hermétiquement l'ouverture du sommet, et c'est par cette ouverture que l'on introduit le noir neuf ou revivifié, ou un mélange de ces deux sortes de noir. Lorsque le filtre est rempli jusqu'au niveau *d*, on ferme *b*, et l'on fait arriver le liquide à traiter par un des robinets du système *mn*, à l'aide duquel on peut amener en *c*, et à volonté, du jus, du sirop, de la vapeur ou de l'eau.

Le liquide pénètre dans la masse A, parvient dans l'espace *e* et s'échappe par le tube *f*. Le robinet *g* étant fermé, la liqueur remonte dans le tube syphoïde *ii* et sort par le robinet *j*, pour se rendre dans un caniveau d'abduction. Le tube conducteur diffère selon la nature et la destination des liquides, selon que l'on traite des jus ou des sirops ou que l'on procède au lavage du filtre.

Lorsque plusieurs filtres sont en batterie, le tube *i* sert à conduire les liquides du premier dans le second, etc.

On emploie encore assez fréquemment des filtres ouverts agissant sans pression.

La dimension de ces engins est calculée à raison de 120 kilogrammes de noir pour 880 kilogrammes de liquide, et de 80 kilogrammes pour les sirops qui en proviennent. L'activité du noir diminue au bout de 5 à 6 heures, et l'on calcule le nombre des filtres sur la quantité de jus à faire passer à travers la matière dans un temps donné.

En somme, la richesse des jus en sucre augmente avec la quantité du noir employé, dans la proportion indiquée par les chiffres suivants :

Jus normal non filtré, richesse relative,			80 0/0
— filtré sur	10 0/0	de noir —	81,5 0/0
—	20	» —	82,00
—	30	» —	83,00
—	40	» —	84
—	50	» —	84,5 0/0

Il convient de faire observer cependant que la perte en jus resté dans le noir, malgré les lavages ou dégraissages, compense à peu près cet avantage, et Walkhoff lui-même reconnaît que le noir ne joue qu'un rôle insignifiant dans la séparation de la chaux.

Le noir neuf a pour densité 765 à 773 grammes ; le noir vieux, arrivé à 1,200 ou 1,210 grammes de poids au litre, n'a plus qu'une valeur insignifiante, et il est à noter que la perte en jus, après le lavage, est d'environ 5 pour 100.

5° *Concentration du jus purifié.* — Dans la plupart des fabriques modernes, la concentration se fait dans le vide, à l'aide d'appareils à effet multiple, qui emploient principalement la vapeur détendue venant des machines, et seulement la faible qnantité de vapeur directe nécessaire pour compléter l'action. La figure 51 donne l'idée générale d'un de ces appareils à concentrer à triple effet, à propos desquels je me bornerai à faire observer que l'économie du combustible dépensé peut atteindre la proportion de 838 kilogrammes à 98 kilogrammes, ces chiffres indiquant le premier la quantité de combustible dépensé par une chaudière à simple effet, et le dernier représentant la dépense d'un triple effet.

Lorsque les jus sont concentrés à 50 pour 100 de richesse, on les soumet à une nouvelle filtration sur noir, puis on les fait cuire, c'est-à-dire qu'on leur enlève

Lorsque ce sirop est cuit et qu'il donne la preuve au crochet faible, on fait une addition de clairce à 27° B., qui ne doit pas dépasser 1/25 de ce qui reste à introduire

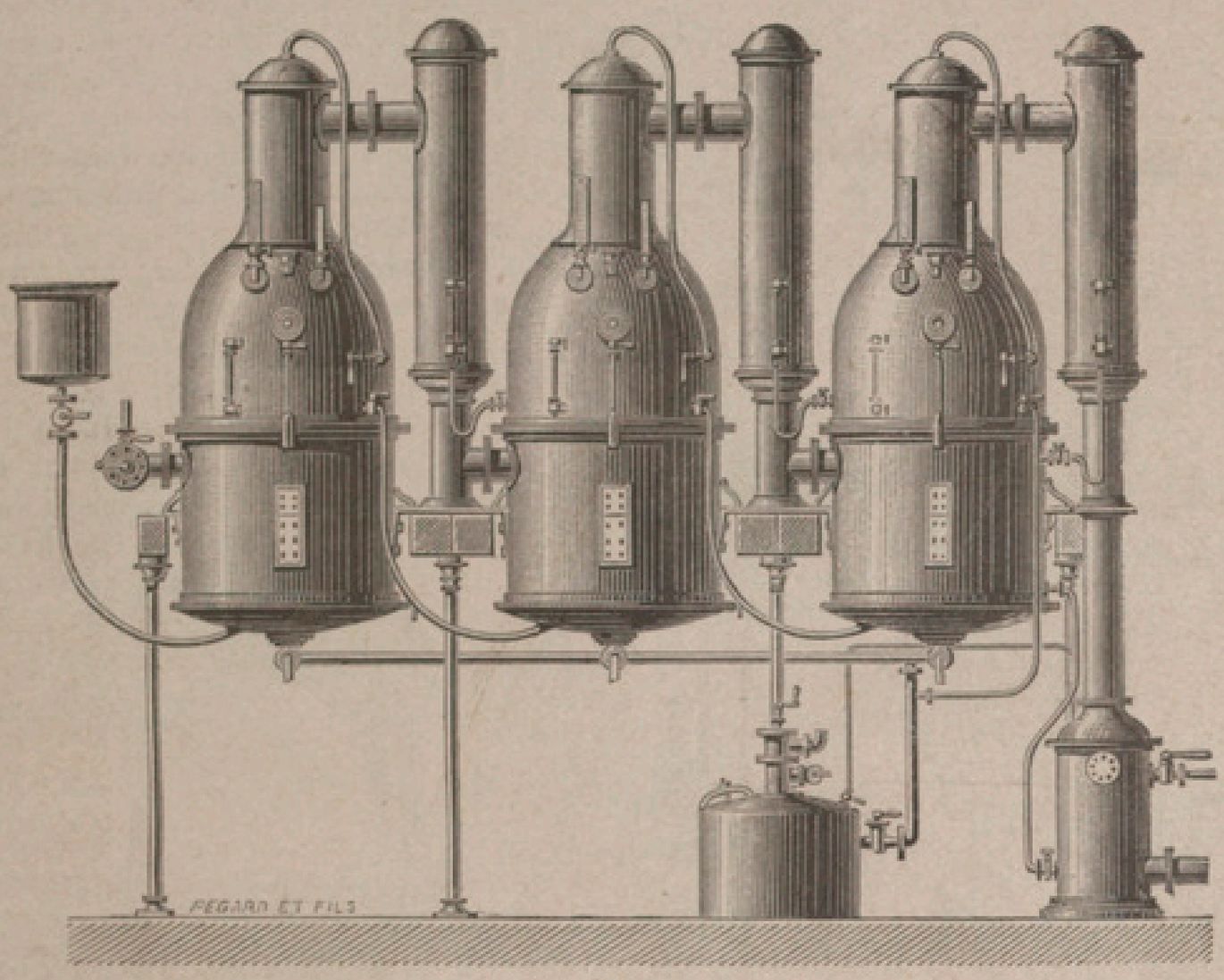


Fig. 54.

l'excès d'eau qui s'opposerait à la cristallisation du sucre.

6° *Cuite*, — Dans les installations perfectionnées, la cuite se fait par des appareils à basse pression, dans lesquels on produit la cristallisation par la cuite en grains. Les principes sur lesquels repose cette opération sont assez simples, mais je crois utile de les résumer.

L'abaissement de la température d'ébullition, que les appareils à basse pression peuvent conduire de + 80° à + 65°, est la condition de la séparation des cristaux au sein même du sirop soumis à la concentration, de la *formation du grain*, que l'on observe dans les sirops clairs, lorsque la température en est descendue au-dessous de + 80°. Si un sirop, contenant 10 à 15 p. 100 d'eau, commence à montrer du grain, lorsqu'il est refroidi à ce point et si cette formation du grain est favorisée par l'agitation ou le mouvage de la masse, on doit admettre que, dans les appareils à basse pression, par + 70° de température, avec le mouvement de l'ébullition pour auxiliaire, le sucre se séparera en cristaux plus ou moins nets, aussitôt que la concentration sera telle qu'il ne pourra plus rester en dissolution. C'est sur ces faits que repose le principe capital de la cuite en grains.

On comprend encore que le grain sera d'autant plus net et mieux formé que l'opération sera conduite plus lentement, et que les cristaux seront d'autant plus gros et mieux définis que le sirop sera moins concentré relativement.

Pour avoir de gros cristaux, il faudra donc cuire plus lentement et moins *serrer* la cuite ; c'est le contraire qu'il faut faire lorsqu'on veut avoir du grain très-fin.

Ces données générales seront rendues plus compréhensibles par la description de la marche suivie en pratique.

On fait arriver dans l'appareil, après avoir fait le vide, environ les 2/5 du sirop à 27° B. (1230 d.) nécessaire pour une cuite complète.

dans l'appareil. Lorsque la preuve est revenue au crochet, on fait une nouvelle addition de clairce, et ainsi de suite, jusqu'à ce que tout soit introduit.

En général, vers la sixième addition, on trouve, en prenant la preuve, que les cristaux ont commencé à se former. Vers la dix-huitième, ils sont devenus nets, d'une bonne grosseur, et résistants.

Jusqu'alors, il a fallu *ménager la cuite*, en diminuant la température et en chauffant avec moins d'activité ; mais, à ce moment, et pour les dernières additions de clairce, on peut procéder avec un peu plus de rapidité, tout en augmentant le vide, de façon à diminuer la température intérieure. Cette précaution rend la masse moins compacte et atténue le sirop, de manière qu'il se sépare plus aisément des cristaux.

Lorsque la preuve est obtenue, après la dernière addition, les cristaux restent sur le doigt et la séparation ne présente qu'un peu de sirop, détaché du grain, lorsque l'opération a été bien conduite. Les cristaux ne doivent pas se dissoudre entre les doigts lorsqu'on les malaxe dans un peu d'eau.

On procède alors à la vidange, et la masse est envoyée aux cristallisoirs.

Le succès de ce genre de travail est certain avec les *clairces neutres ;* mais il n'en est pas de même avec les *clairces alcalines* qui donnent souvent des cuites grasses, fort difficiles à concentrer. Les *clairces acides* donnent des *cuites folles*.

Plus un jus a été purifié des matières étrangères au sucre, mieux la cuite se fait et plus nets sont les cristaux. On peut dire, sans exagération, que la cuite peut servir de contrôle au travail préliminaire, en sorte que, si le cuiseur est attentif, il peut presque toujours se rendre compte de l'opération, préalable à la cuite, qui a été mal faite ou négligée.

1° Lorsque l'on ajoute du sirop à la cuite, on force un peu la proportion si l'on veut obtenir de gros cristaux ; c'est le contraire dans le cas opposé. Pour la production de gros grains, il importe, en effet, de laisser les cristaux se former lentement, tandis que, pour les

SUCRE.

petits grains, il convient de troubler la cristallisation tout en accélérant le travail.

2° Plus la cuite est lente, plus on forme de gros cristaux ; c'est là un principe général de cristallisation qui trouve ici son application, puisque la cuite en grains est, à la fois, un complément de concentration et une cristallisation.

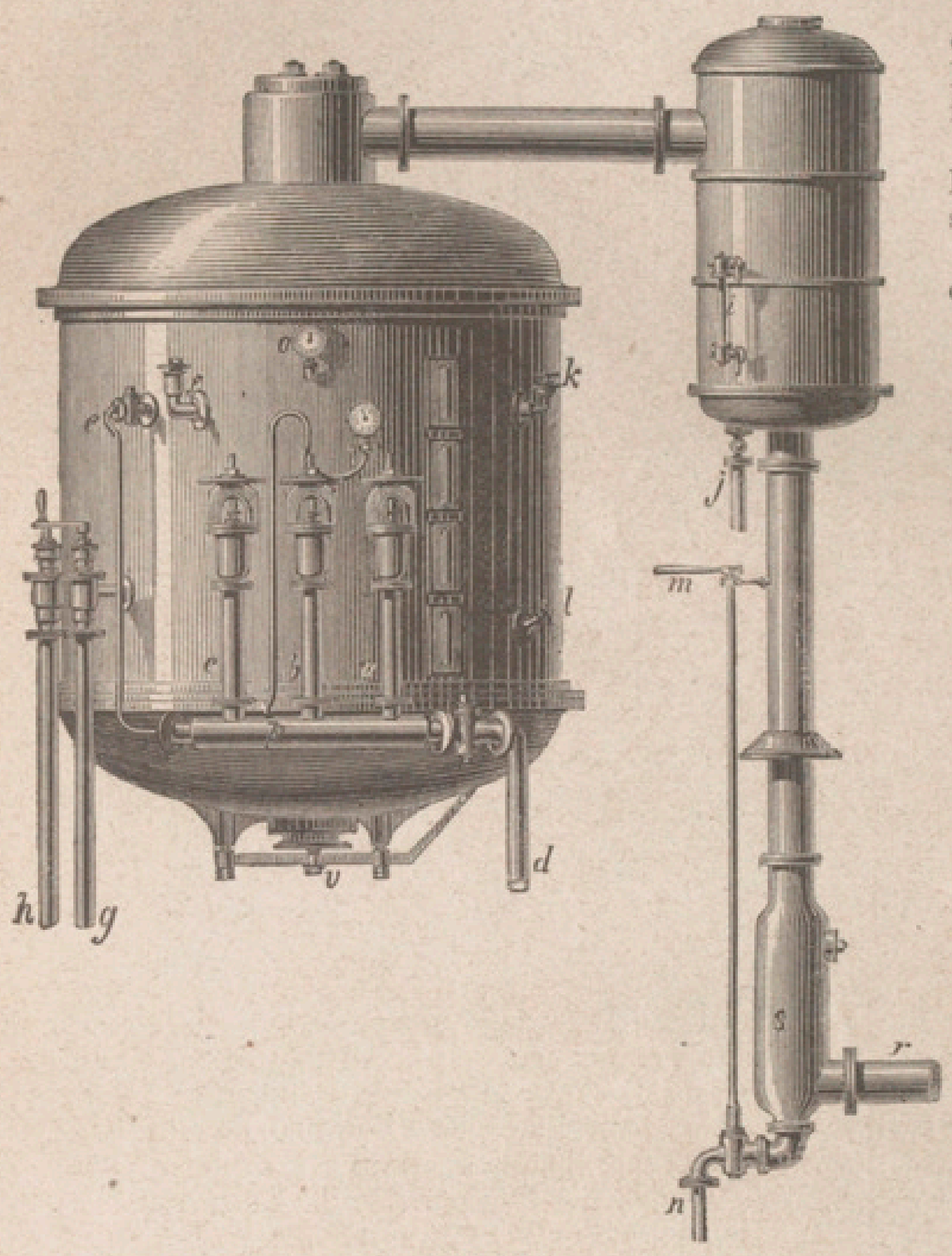


Fig. 52.

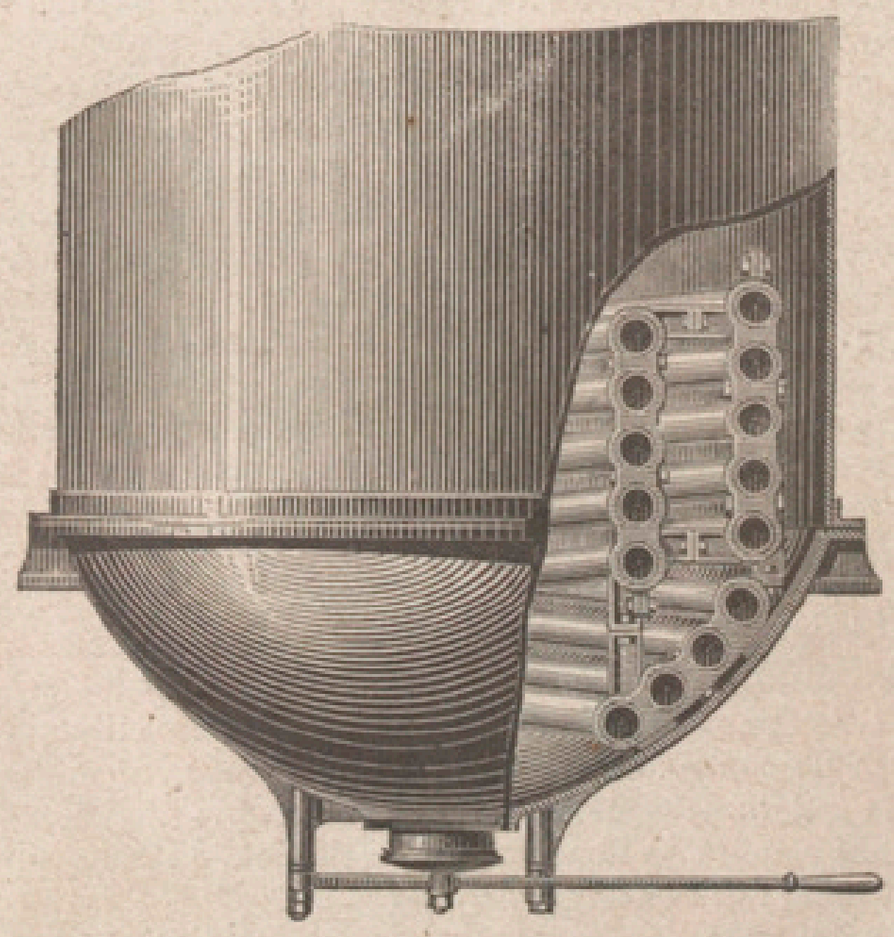


Fig. 53.

3° Les petites charges fréquemment répétées et la cuite rapide donnent des cristaux plus fins.

4° Plus la preuve prise avant les additions de clairce est légère et plus on obtient de gros cristaux.

Les preuves trop fortes au commencement du travail sont un des plus grands obstacles à la réussite.

La figure 52 donne la vue d'une chaudière à cuire dans le vide, provenant des ateliers des frères Brissonneau, et la figure 53 montre la disposition intérieure des serpentins.

De la prise générale *d*, la vapeur pénètre, à volonté, dans l'une des prises *a*, *b*, *c*, dans l'un des serpentins.

Les sirops de premier jet sont aspirés par le tube *h*; ceux de deuxième jet par *g*. La sonde *l* sert à prendre les preuves, *k* est le robinet à beurre, *o* l'indicateur du vide, sans parler du manomètre indicateur de la pression de la vapeur, très-visible sur la figure. Un petit robinet sert à faire rentrer l'air dans l'appareil ; *e* est une prise de vapeur pour le nettoyage, et la vidange *v* est un cône, dont la manœuvre est fort commode. Dans le condenseur, un indicateur de niveau *i* permet de surveiller les sirops entraînés, et le moment où il convient de les expulser par le tube *j*. Enfin, dans la partie inférieure *s* se trouve le tube d'injection d'eau froide, qui est amenée par le tube *n* et dont le débit est réglé par le robinet *m* ; le tube *r* se relie à la pompe d'aspiration.

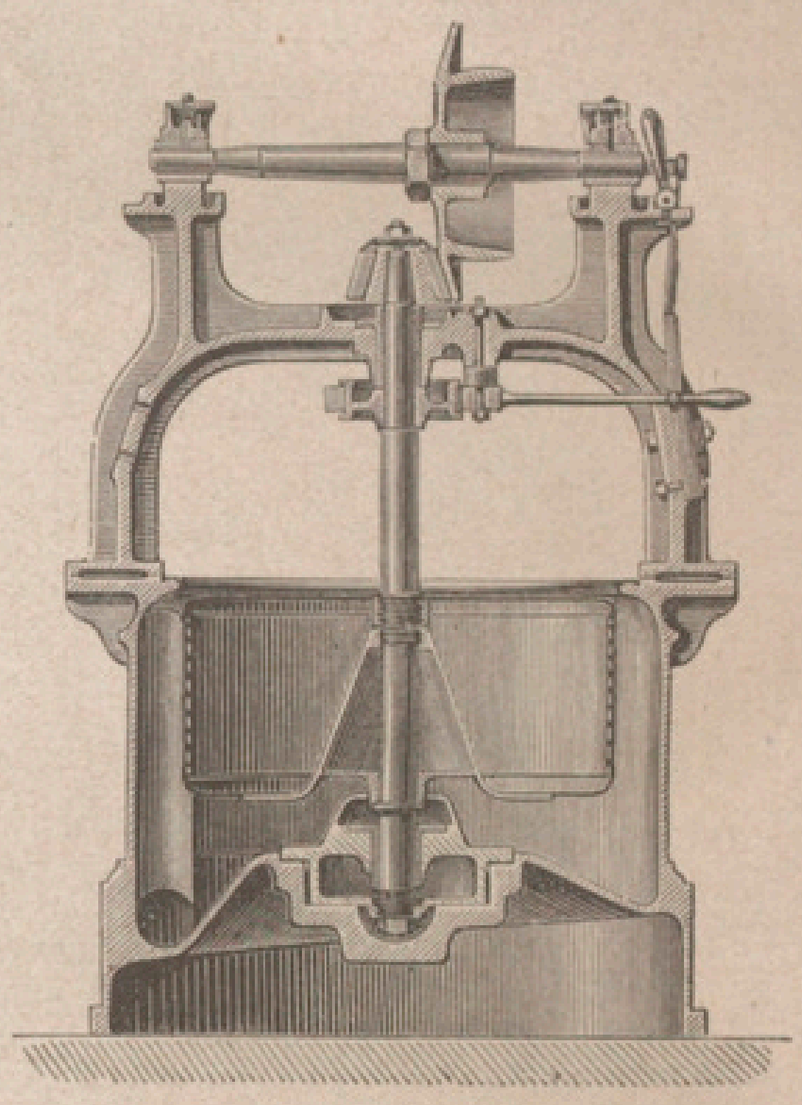


Fig. 54.

7° *Cristallisation des masses cuites.* — La fabrication perfectionnée employant habituellement la cuite à basse pression, les cristaux sont produits dans l'appareil, au moins pour les premiers jets. Cependant, on cuit encore les seconds jets en sirop ou en filet, et dans quelques fabriques qui ont conservé les anciens errements, la cuite des premiers jets se fait également en sirop. Dans tous les cas, il n'y a rien à ajouter à ce qui a été dit plus haut sur la cristallisation.

8° *Purge ou séparation des cristaux.* — Les masses cristallisées, étendues d'un peu de sirop, et divisées dans un malaxeur, sont purgés à la turbine. La figure 54 donne une coupe des meilleures turbines actuellement employées. Une seule observation est à faire au sujet de la purge forcée, pour laquelle on doit considérer comme une mauvaise pratique d'employer l'eau ou un jet de vapeur complémentaire, lorsqu'on peut atteindre les meilleurs effets de blanchiment par l'usage des sirops

saturés de moins en moins colorés, sans courir le risque de dissoudre du sucre.

9° *Épuisement des eaux-mères.* — Il semble que tout soit encore à faire dans cette question, car, mis à part le traitement osmotique de E. Dubrunfaut, rien n'a encore été fait de sérieux dans le but d'éliminer les matières étrangères qui s'opposent à la cristallisation du sucre renfermé dans les mélasses.

10° *Utilisation des résidus.* — L'emploi agricole pour la nourriture du bétail des pulpes et des cossettes, l'utilisation, sous forme d'engrais, des écumes, des dépôts et des noirs épuisés, la transformation des mélasses en alcool par la fermentation rentrent dans les principes généraux, qui ont été exposés. Les écumes et les dépôts, séparés du jus qui s'y trouve renfermé, à l'aide du filtre-presse, contiennent encore cependant une certaine proportion de sucre, qu'on ne peut guère évaluer à moins de 1,49 pour 100 de la masse totale. L'emploi du filtre-presse pour l'épuisement des résidus est un des progrès les plus intéressants qui aient été accomplis par la sucrerie moderne. La première idée de cet engin appartient à l'Anglais Needham Kite. Elle a été perfectionnée par Daneck et Trinks; mais, aujourd'hui, il en existe un très-grand nombre.

PROCÉDÉS PARTICULIERS.

Parmi les milliers d'inventions qui se sont fait jour en sucrerie, il y en a quelques-unes qui ont attiré l'attention des industriels d'une façon plus ou moins permanente, et sur lesquelles il peut être utile de dire quelques mots.

Division des racines. — Il a été parlé de la râpe Champonnois, et un peu plus loin j'indique quelques particularités relatives au coupe-racines de Robert.

Extraction du jus. — Parmi les procédés par pression, on peut mentionner, à titre de renseignement, l'appareil de M. Robert (à Raucourt), malgré l'insuccès des tentatives de l'inventeur. L'appareil Lair, qui n'est qu'une sorte de presse hydraulique, dont la figure 55

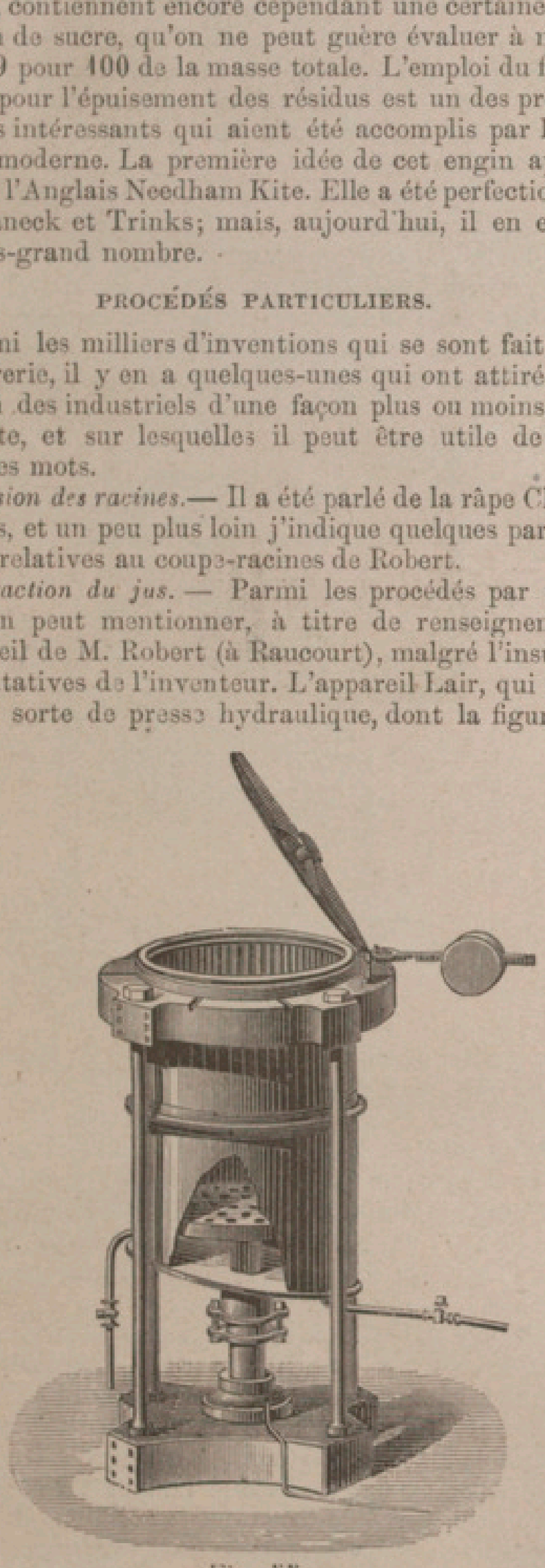


Fig. 55.

fait voir les détails, n'a pas laissé de traces dans l'industrie, malgré l'ingéniosité des dispositions qu'il présente. Les presses continues, qui semblent être l'objet de l'engouement actuel, justifié quant au principe, sinon quant aux créations des inventeurs, sont devenues extrêmement nombreuses. La presse Poizot et Druelle, la presse Champonnois, la presse Lebée, etc., se disputent actuellement la confiance de la sucrerie. La presse Champonnois est indiquée par la figure 56.

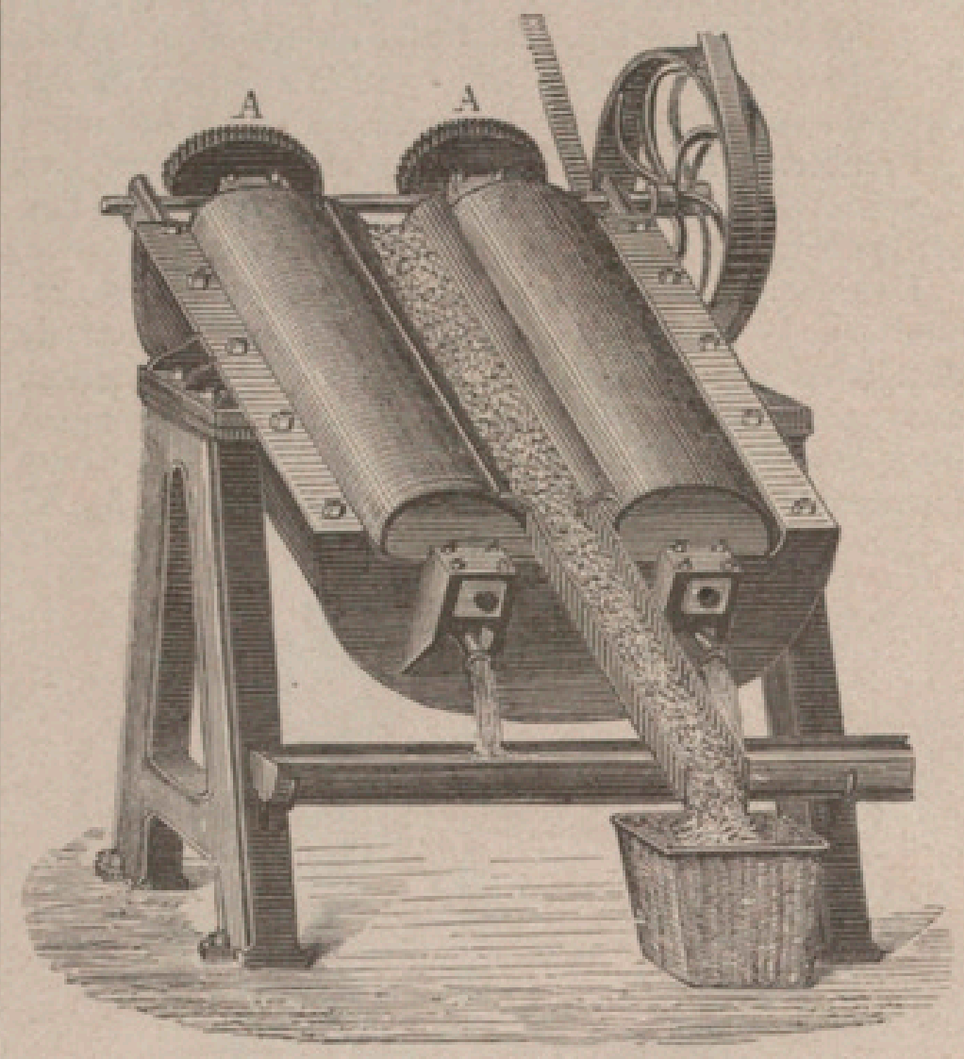


Fig. 56.

Deux rouleaux ou cylindres en bronze, à surface cannelée, inclinés à 45°, tournent en sens inverse dans une chambre métallique. Les liquides peuvent passer de l'extérieur à l'intérieur des cylindres. Ces rouleaux sont revêtus, à l'extérieur, par un fil de laiton triangulaire, de trois millimètres de côté, dont les tours en hélice sont écartés d'un dixième de millimètre. Ces cylindres étant placés dans une chambre demi-cylindrique de même diamètre que la somme de leur diamètre, et d'une longueur égale à leur hauteur, il existe, entre les cylindres et le fond de la chambre, un espace triangulaire curviligne, dans lequel une pompe aspirante et foulante dirige la pulpe qu'elle puise dans le réservoir de la râpe. Cette pulpe est saisie et comprimée entre les cylindres. Le jus passe à travers l'enveloppe en fil de laiton et pénètre dans l'intérieur des cylindres par les ouvertures des cannelures, pour s'échapper ensuite par la partie déclive et s'écouler dans un caniveau. La pulpe sort, entre les cylindres, en une sorte de galette qui se brise facilement.

Au fond, la presse Champonnois ne fournit que 80 pour 100 de jus et 20 pour 100 de pulpe, d'où il suit que la perte reste de 16 pour 100, comme avec les presses hydrauliques. En tout cas, la plupart des inventeurs ont compris la nécessité de faire une seconde pression après une trempe de la pulpe.

La macération, inventée par M. Mathieu de Dombasle, ne se pratique pas en France. En Allemagne, Schützenbach traite les pulpes dans une série de douze cuves, à l'aide desquelles il retire 125 kilogrammes de jus pour 100 kilogrammes de pulpes, la durée de l'opération étant fixée à 45 minutes. La principale objection à faire contre cette adaptation de la macération repose sur le grand excès d'eau employé, sur la perte du sucre dans les eaux d'épuisement, représentant environ 1 p. 100, sur l'augmentation considérable des frais de concentration, et l'emploi d'un matériel extrêmement encombrant [1]. Schützenbach a encore proposé, après Payen,

(1) Voir *Guide du Fabricant de sucre*, vol. II, p. 645 et suiv.

de diviser les racines en cossettes, de les faire sécher pour pouvoir en extraire ensuite le sucre par macération en temps utile; mais, en outre des frais de dessication, qui rendraient ce procédé inapplicable avec certains cours commerciaux, on ne voit pas bien quelle peut être l'utilité de cette méthode. Il en est de même de l'idée du même inventeur, empruntée d'ailleurs à M. Péligot, de vouloir extraire le sucre des cossettes sèches par l'intermédiaire de l'alcool. Ces choses doivent être signalées au lecteur, mais elles ne méritent pas que l'on perde du temps à les discuter.

Une des grandes gloires allemandes en sucrerie repose sur le procédé de macération de M. Robert, de Seelowitz, lequel, d'ailleurs, n'est que la reproduction, avec accompagnement d'appareils coûteux, des données françaises appliquées à la macération. M. Robert divise les racines à l'aide d'un bon instrument, dont la fig. 57

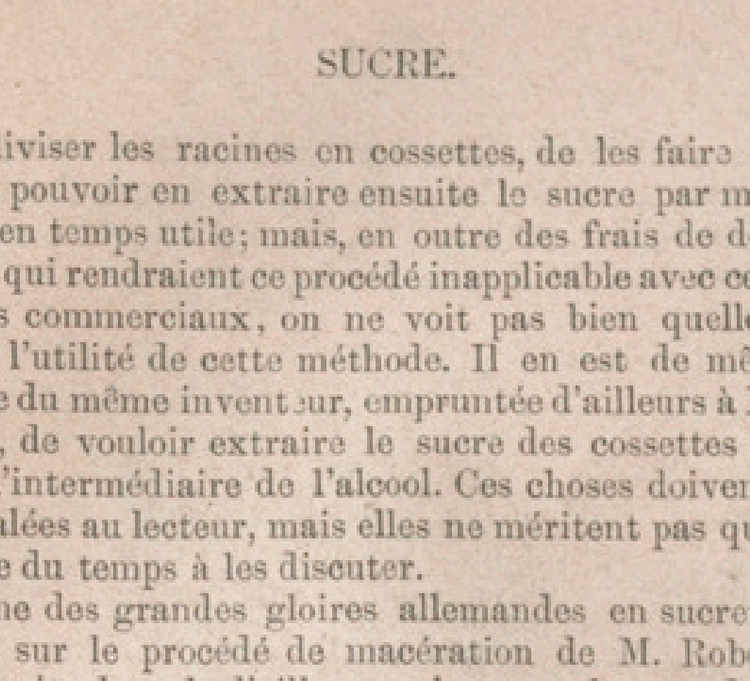


Fig. 57.

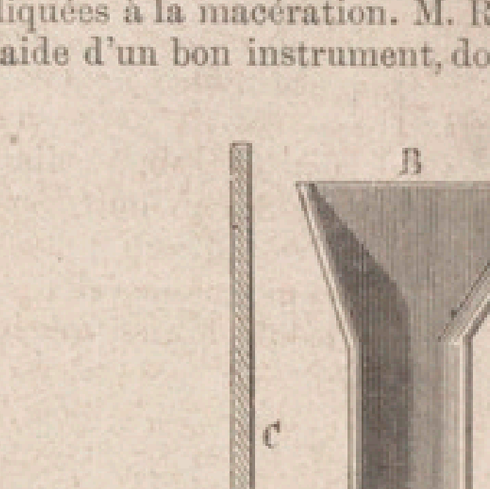


Fig. 58.

donne une coupe en élévation, la fig. 58 représentant une coupe horizontale au-dessus des couteaux.

La vitesse de cet appareil a été réglée entre 150 et 200 tours, et le seul reproche un peu fondé qu'on lui ait adressé repose sur la complication des couteaux et les réparations qu'ils exigent.

Le corps de cylindre A renferme les couteaux diviseurs et un espace pour recevoir les cossettes qui s'échappent par un dégorgeoir latéral. Les racines lavées sont introduites par la trémie B et sont pressées par leur poids contre l'instrument de division, lequel reçoit un mouvement circulaire horizontal par l'arbre *c*, qui tourne entre deux crapaudines, sous l'action de l'engrenage *d* sur *e*.

Aucune portion des racines ne peut échapper à l'action des couteaux, et la machine n'exige qu'une dépense de force insignifiante, puisqu'il suffit d'un cheval et demi pour un travail journalier de 100,000 kilogrammes, de l'aveu même de Walkhoff, qui est loin d'être un partisan de la diffusion Robert.

Les couteaux étaient d'abord disposés de manière à diviser les racines en petits prismes rectangulaires d'un centimètre de côté et de longueur variable; mais, depuis, le constructeur les a modifiés de façon à obtenir des lanières plus minces, sans toutefois que l'appareil présente de modifications frappantes.

Les betteraves, arrivant par la trémie B, sont divisées par les couteaux *a a' a''*; les cossettes tombent au-dessous du disque qui supporte ces couteaux et s'échappent latéralement. Elles sont reçues sur des wagons, dont la charge normale est de 450 kilogrammes, et sont transportées vers l'appareil de macération.

Toute cette question de la diffusion a beaucoup passionné la fabrication allemande, mais comme il s'agit plutôt en tout cela d'une affaire de chaudronnerie que d'autre chose, la fabrication française s'est tenue complétement à l'écart.

Sans parler des autres procédés de macération qui ont été conseillés, j'ajouterai que Walkhoff a proposé l'épuisement des pulpes pressées par une seconde division à l'aide d'une sorte de carde, puis par l'action ultérieure du déplacement dans un vase très-analogue à celui de Moreau d'Arluc ou du comte Réal, s'il n'en est la reproduction exacte. Cet appareil, représenté par la figure 59, est un

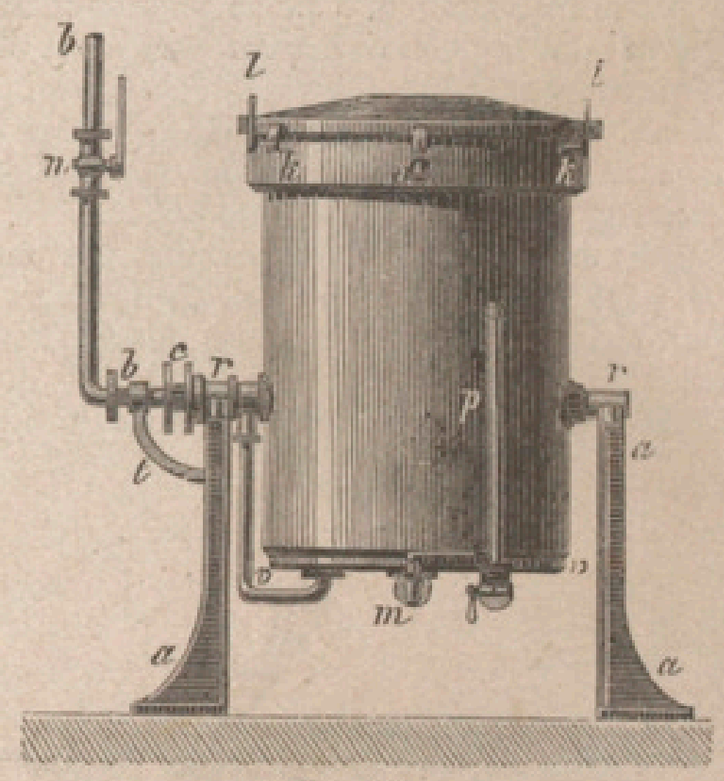


Fig. 59.

vase métallique, clos par un couvercle à écrous *ll*. Il repose, par deux tourillons *rr*, sur les supports *aa*. Comme l'axe *rr* est creux et réuni par un presse-étoupe au tube *bb*, on comprend que l'on puisse le faire tourner et basculer sur les supports, dans toutes les positions, sans interrompre l'arrivée de l'eau, qui dépend du robinet *n*. Le tube *bb* est soutenu par un contrefort *b*. Le robinet *n* sert à l'introduction de l'eau qui est alimentée par un réservoir supérieur.

Walkhoff dit que ce réservoir peut être élevé plus ou moins, de 4 à 30 pieds (1 à 10 mètres environ) sans que le résultat soit sensiblement modifié. Il résulte de cette observation que le travail consiste dans une simple lévigation. Cette eau passe par l'intérieur du tube *o*, débouche dans le vase lévigateur par les orifices du serpentin, percé de trous, qui le termine, et s'élève graduellement dans la matière pour sortir par le haut. La pulpe est maintenue en haut par un couvercle en tôle perforée. On fait recueillir le produit tout le temps qu'il a une densité suffisante. L'eau d'épuisement s'écoule par *m*. On comprend que l'on puisse réunir facilement une batterie de ces presses-filtres, comme les appelle l'auteur, et que, par un tube *p* à robinet, on puisse conduire le liquide d'un appareil vers un autre,

de manière à économiser l'eau et à augmenter la densité.

Cette idée du spécialiste allemand repose sur des bases rationnelles, sauf peut-être en ce qui concerne quelques détails peu importants, et l'inventeur prétend que, en 30 minutes, 100 kilogrammes de pulpes lui restituent 20 kilogrammes 42 de jus, à 2°,75 B., représentant 8,47 de jus normal, à 7°,5 B. Il en résulterait que ce rendement, joint aux 84 pour 100 de jus de pression, fournirait un rendement total très-satisfaisant de 92,47 pour 100. Il n'y a pas lieu, du reste, de s'occuper de deux autres engins destinés au même but, et qui ont été certainement empruntés à la vieille fabrication française. Quoique ces appareils soient très-rationnels en principe, et qu'ils aient été grandement améliorés par l'observateur allemand, on ne peut en méconnaître l'origine.

Le procédé de M. Maumené consiste à extraire le jus aussitôt après la récolte des racines, et à le traiter à froid par une proportion de chaux qui varie de 30 à 50 millièmes. Ce jus chaulé, conservé dans des citernes, serait traité en temps utile, par la saturation et les opérations ultérieures.

M. Champonnois a conseillé de faire rentrer dans la macération des pulpes tout le sirop de premier égout, de manière à éviter les mélasses...

D'autres inventeurs, tels que MM. Leplay, Rousseau, Périer et Possoz, Lair, etc., se sont préoccupés de la production des sucrates insolubles, mais cette idée n'a encore fourni aucun résultat manufacturier réellement pratique.

Une autre méthode, relative à l'extraction du jus, est celle de M. Linard, et consiste dans l'établissement de râperies destinées à diviser la betterave sur des points plus ou moins éloignés d'une sucrerie centrale, vers laquelle les jus sont dirigés par un système de canalisation. Cette méthode peut être favorable aux intérêts des grands établissements industriels, mais elle paraît être opposée à ceux de la production agricole. En somme, il y a peut-être là une question de matériel plutôt qu'autre chose.

Purification du jus. — Un seul chaulage constitue la défécation simple. La répétition de cette opération sur le jus clair déjà chaulé porte le nom de défécation double, et l'on appelle défécation trouble celle dans laquelle on ajoute de la chaux, en brassant la masse, de manière à disséminer les écumes et à forcer le dépôt à se faire au fond des vases.

L'élimination de la chaux a toujours été l'objet des inquiétudes de la fabrication. Achard, qui défléquait par l'acide sulfurique très-faible, neutralisait ensuite son agent par le carbonate de chaux. Derosne et Howard éliminaient la chaux par le sulfate d'alumine ou l'alun de potasse; Boucher employait la même réaction. M. Claëss de Lembeck utilisait l'acide pectique extrait de la pulpe pour éliminer la chaux de défécation; M. Dubrunfaut, à la suite de Proust et de Drapiez, mutait les betteraves, la pulpe et le moût, par l'action de l'acide sulfureux; puis il défléquait par la chaux, et neutralisait par l'acide sulfurique. M. Mialhe a proposé l'oxalate d'alumine, Oxland l'acétate de la même base...

L'Allemand Krüger a indiqué la dissolution ammoniacale de caséine pour la précipitation de la chaux, et après que Garcia eût fait connaître son traitement consistant dans la réaction des savons alcalins sur les jus chaulés, Wagner proposa l'emploi de l'acide oléique. M. E. Rousseau a conseillé de traiter les jus par le peroxyde de fer hydraté et le sulfate de chaux; M. Kessler, à la suite de Morgenstern, a indiqué le sulfate de magnésie pour l'élimination de la même base; enfin, sous le nom de noir déféquant, M. Leplay a fait essayer en fabrication l'emploi d'un noir pénétré de carbonate de soude; M. Possoz a conseillé également l'emploi de ce carbonate alcalin, qui avait déjà été breveté par Dubrunfaut en 1829.

Aucun de ces procédés n'est demeuré dans la pratique, qui s'en tient, même dans la fabrication perfectionnée, à l'emploi de l'acide carbonique, dont l'idée première appartient à Barruel.

Dès 1812, cet observateur avait créé d'une manière complète, la méthode de saturation, et ses procédés ont été reproduits, en 1849, par MM. Rousseau frères. Kuhlmann, Schatten et autres avaient déjà essayé de faire sortir de l'oubli la méthode de Barruel, qui est au fond celle suivie dans la pratique courante de la sucrerie.

En 1855, Michaëlis avait l'idée de fractionner les doses dans le chaulage, et plus tard, en 1859, MM. Périer et Possoz prennent un brevet pour l'application de ce fractionnement. Le procédé de Fray et Jellineck (1863) préconise l'introduction de la chaux à froid dans des conditions déjà connues auparavant. Enfin, M. Pesier recommande l'emploi de l'alcool sur les sirops à 50 pour 100 pour l'enlèvement de la plus grande partie des matières étrangères.

En ce qui concerne la conservation des jus, et en dehors du procédé de M. Maumené, l'histoire de la sucrerie met l'industriel en présence de toutes sortes de choses. Proust (1810), Drapiez (1811), Perpère (1812), Dubrunfaut (1829), avaient conseillé l'emploi de l'acide sulfureux; Stollé (1838) recommandait l'action du bisulfite de chaux; Boutin (1846), celui du sulfite d'alumine, indiqué également par Jacquemard. Tous ces procédés réunis constituent le procédé Melsens, qui consiste dans l'usage du bisulfite de chaux, à titre d'agent de blanchiment et de conservation. La pratique européenne a su se garder contre les erreurs de ce procédé.

En ce qui concerne la transformation des alcalis, Michaëlis a eu l'idée malheureuse de vouloir employer le chlorure de calcium pour transformer les alcalis libres et certains sels alcalins en chlorures; cette pratique, essentiellement opposée aux règles de la chimie sucrière, n'a trouvé quelques adeptes qu'en Allemagne. Il en est de même du procédé Siemens et Breunlin, qui consiste dans l'emploi du chlorure d'aluminium pour le même but. Il semble inutile de mentionner le conseil de MM. Périer et Possoz relatif à l'emploi du carbonate de soude, qui rentre dans ce qui a été dit tout à l'heure, et il suffit d'ajouter que le seul moyen sérieux et pratique, vérifié d'une manière complète et satisfaisante pour rendre les alcalis inoffensifs, consiste dans l'emploi de l'acide phosphorique et des phosphates solubles. Le procédé Reynoso, reposant sur la séparation de la chaux par le phosphate d'alumine, lequel a été également proposé par Dominique, rentre également dans l'emploi des phosphates.

Traitement des résidus. — Si l'on considère que les mélasses renferment 50 pour 100 de leur poids en tout sucre, c'est-à-dire en sucre prismatique cristallisable et en glucose, on comprend qu'il puisse être d'une importance extrême pour la fabrication de rencontrer un procédé chimique facilitant l'extraction de la plus grande partie du sucre cristalisable. Ici, comme dans ce qui précède, les conseils ont été nombreux et les succès bien rares.

Le procédé Margueritte consiste à mélanger de l'alcool à 85° avec 5 pour 100 d'acide sulfurique, et à faire dissoudre 1 kilogramme de mélasse à 45° B. par litre de ce menstrue, dans lequel les bases, transformées en sulfates, sont insolubles. On sépare ces sulfates par filtration, puis on ajoute au sirop un litre d'alcool à 95° pour le dosage ci-dessus. Le sucre cristallise en huit ou dix jours, à moins qu'on ne sursature par un peu de sucre en poudre, auquel cas la cristallisation se fait en six heures. Ce procédé peut rendre jusqu'à 0,38 ou 0,40 du sucre de la mélasse, et il mérite d'appeler l'attention

de l'industrie, bien qu'il ne semble pas encore être entré dans la pratique.

Le sucrate de baryte, étudié par M. Péligot, est très-peu soluble dans l'eau saturée d'hydrate de baryte, aussi MM. Dubrunfaut et Lepay ont-ils appliqué la baryte hydratée à l'enlèvement du sucre des mélasses. La baryte doit être ajoutée dans la proportion d'un équivalent relativement au sucre et, en outre, d'un excès pouvant saturer 15 à 16 grammes d'acide sulfurique par litre. Le sucrate lavé, traité par l'acide carbonique, restitue le sucre, dont on continue le traitement par la méthode connue.

M. Dubrunfaut a substitué depuis le sulfure de barium à la baryte hydratée, mais ce procédé, connu sous le nom de procédé barytique, paraît avoir été complétement abandonné.

Il est à peine utile de mentionner les différents procédés par lesquels de nombreux inventeurs ont essayé de faire des agglomérés de chaux et de sucre, auxquels ils ont donné le nom de sucrates calcaires; ces différents procédés n'ayant fourni aucun resultat sérieux jusqu'à présent, et paraissant tous être plus ou moins copiés les uns sur les autres. La seule méthode relative à l'épuisement des résidus, qui ait rendu quelques services à la sucrerie, et qui soit mise en pratique dans un certain nombre d'usines, consiste dans l'application des faits de l'osmose, due à M. Dubrunfaut. La description de l'osmogène de cet inventeur forme le complément des procédés de la raffinerie exposés plus loin.

EXTRACTION DU SUCRE DE LA CANNE.

Au point de vue historique, l'étude du sucre devrait, comme il a été déjà dit, commencer par celle du sucre de cannes, mais l'ancienne méthode applicable à cette graminée saccharifère étant tombée en désuétude partout où l'on cherche à progresser, la fabrication du sucre de cannes se trouve calquée sur les procédés de la sucrerie de betterave, en sorte que, pour un industriel versé dans la pratique, il suffit de connaître la sucrerie indigène pour pouvoir pratiquer la sucrerie exotique, dans ce que l'on a nommé les méthodes perfectionnées.

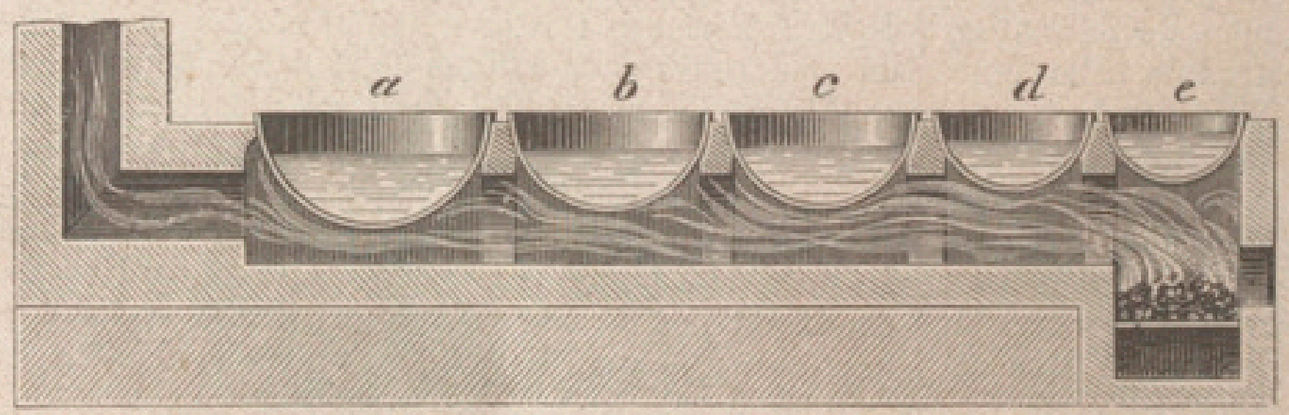


Fig. 60.

Il ne faudrait donc, d'une manière nécessaire, aucune description du travail sucrier de la canne, si la nature même de cette plante n'exigeait la connaissance de quelques détails particuliers, et s'il n'était nécessaire d'avoir au moins une notion de la fabrication vulgaire pour en apprécier les inconvénients.

Selon M. Péligot, il n'existe que du sucre prismatique dans la canne. Cette opinion de l'illustre chimiste est en désaccord avec les observations de la plupart des spécialistes, précisément parce que les circonstances dans lesquelles M. Péligot s'est trouvé sont absolument différentes de celles de la pratique habituelle, et qu'il n'a opéré que sur des jus provenant de cannes très-mûres et non altérées. La densité du vesou ou jus de cannes pur a été trouvée de 1,088, ce qui correspond à 11°,8 B., et la composition de ce jus serait représentée par les données suivantes, sur 1,000 parties:

Eau	771,7
Sucre	209,0
Sels minéraux	17,0
Produits organiques	2,3
	1,000,0

La composition de la canne fraîche, déduite de celle des cannes séchées, serait:

Eau	72,1
Sucre	18,0
Ligneux	9,9
	100,0

Il en résulte que la canne, à 18 pour 100 de sucre contient 90,1 de vesou à l'état frais. Or, M. Dupuy a observé qu'on retire seulement de 56,4 à 61,8 de vesou pour 100 parties de canne, et la moyenne de 60 accuse une perte de 30 pour 100 dans la pratique. Il est bon de faire remarquer, en général, que le rendement de la fabrication vulgaire en sucre cristallisé varie de 4 à 6 pour 100 au lieu de 18 pour 100 qui se trouvent contenus dans la plante, et l'extraction du jus est encore si peu comprise, même dans ce qu'on appelle la fabrication perfectionnée, que, par les puissantes usines de la maison Cail, on ne retire pas plus de 65 de jus normal, correspondant à 9,5 de produit.

Le procédé de la fabrication vulgaire est très-simple, et voici en quoi il consiste :

Lorsque les cannes sont récoltées, ou plutôt au fur et à mesure de leur récolte, on les transporte dans un magasin qui porte le nom de *parc aux cannes*. Ce magasin doit être situé le plus près possible des *laminoirs* à écraser la canne, autrement dit du *moulin*. Les cannes sont introduites entre les cylindres, en bois, en pierre ou en métal, disposés verticalement ou horizontalement; lorsqu'elles ont passé dans un sens, présentées par un ouvrier, un autre les repousse dans le sens opposé, en sorte qu'elle subissent deux pressions. Le jus est reçu sur une table entourée d'une rigole, et de là il se rend quelquefois directement dans les chaudières, mais plus souvent dans un réservoir ou bac, où on le laisse reposer pendant une heure.

Les chaudières sont réunies au nombre de cinq sur un fourneau allongé, et cette réunion de chaudières porte le nom d'*équipage*. Le feu est alimenté par de la bagasse, et le foyer est placé sous la chaudière à cuire, la plus petite de toutes, qu'on nomme la *batterie*. Les chaudières sont rangées dans l'ordre indiqué par la figure 60 ci-contre.

La chaudière *a*, la plus éloignée du foyer, se nomme LA GRANDE, *b* LA PROPRE, *c* LE FLAMBEAU, *d* LE SIROP, et *e* LA BATTERIE. Autrefois, chacune de ces chaudières avait son foyer particulier ; mais, aujourdhui, l'équipage est chauffé par un seul foyer sous la chaudière *e*. Le jus, arrivant en *a*, est porté à une température très-variable, additionné d'un peu de chaux, puis écumé. On le puise avec un puisoir et on le met en *b*, dans la propre; *a* se remplit de nouveau. Il se forme dans la propre de nouvelles écumes que l'on enlève et que l'on rejette dans la grande. Le jus, déjà concentré, est versé dans le flambeau en *c*, où il se concentre davantage, et où on l'examine pour reconnaître sa limpidité. De là il passe en *d* dans le sirop, puis il arrive dans la batterie, où il parvient à la consistance de la cuite.

En sortant de la batterie, le sirop est mis dans un bac à refroidir et, lorsqu'il montre le *grain*, on le remue avec un mouveron, puis on le verse dans des tonneaux

placés debout, dont le fond inférieur est percé de trous, munis de bouts de cannes formant chevilles. Lorsque la cristallisation est faite, on enlève les chevilles pour déterminer l'égouttage. Cette pratique est encore suivie dans beaucoup d'habitations; cependant la plupart des fabricants laissent *grener* leur sirop pendant vingt-quatre heures, puis ils le mettent en formes et, lorsque la masse est solidifiée, ils enlèvent la *tape* de la pointe, et font l'égouttage comme il est pratiqué en Europe pour les sucres bruts.

Le sucre égoutté, imparfaitement séché, est embarillé lorsqu'il doit s'expédier complétement brut. Quelquefois il subit un ou deux terrages, et constitue la *cassonade à une* ou *à deux terres*.

Le vesou ou vin de cannes fermente avec une grande rapidité, sous l'influence d'un ferment particulier, qui se trouve dans la plante à l'état globulaire, et dont l'action est extrêmement énergique au contact de l'air. Cette circonstance nuit encore à la quantité du rendement, que l'on peut apprécier ainsi, sur 1,000 kilogrammes de canne :

Sucre restant dans la bagasse. . .	87,50	= 176,00
Sucre obtenu.	60,00	
Valeur saccharine de la mélasse. .	28,50	

En général, le fabricant perd au moins 61k,40 de matière sucrée restée dans la bagasse, et 51k,74 sous forme de mélasse. Les grandes usines de la maison Cail obtiennent 63k,08 de premier jet, 23k,05 de deuxième jet

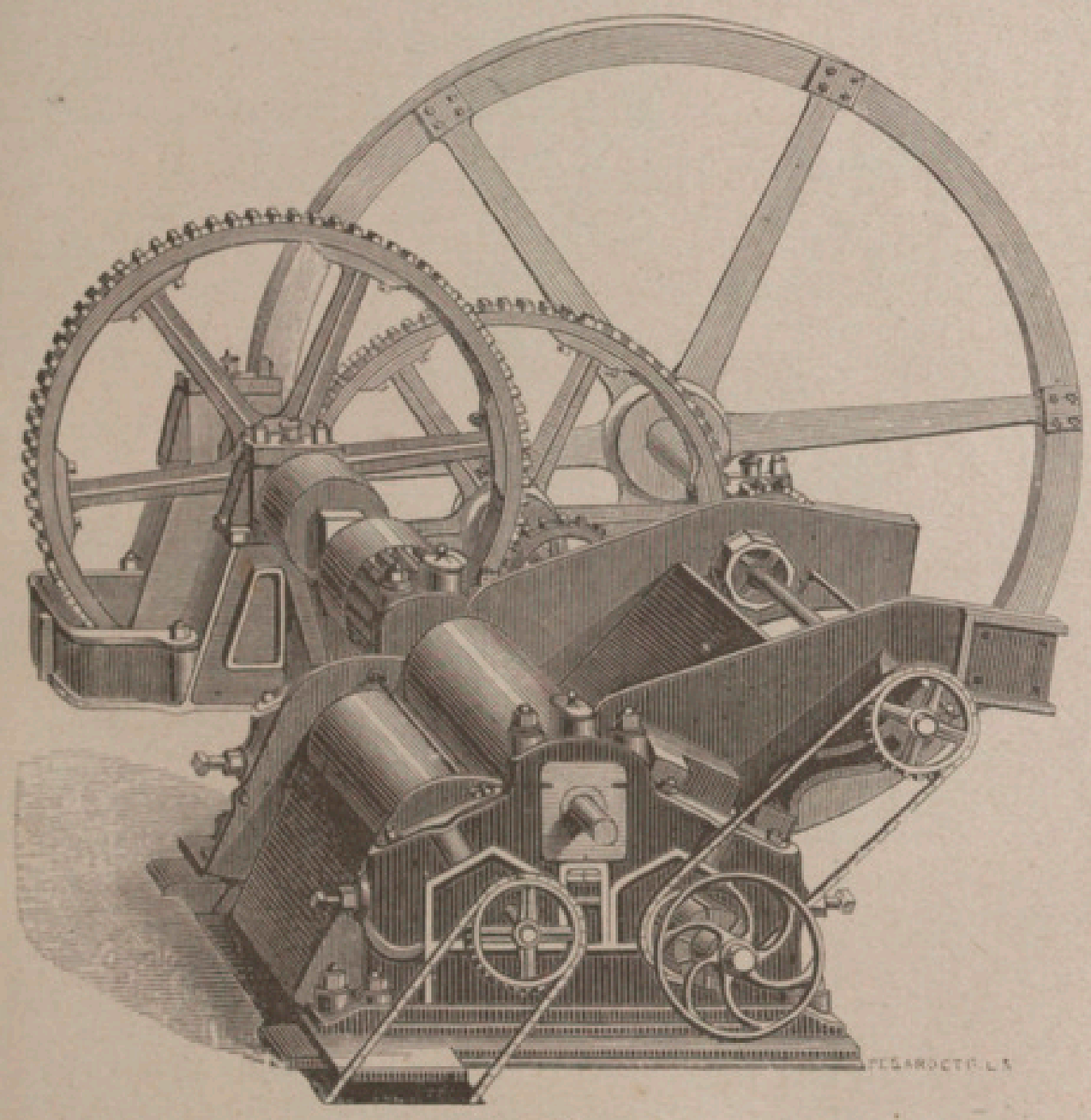


Fig. 61.

et 3k,40 de troisième jet, soit en tout 94k,53, lorsque le rendement moyen de 59,3 en jus devrait produire 96k,85 de sucre, indépendamment du sucre resté dans la bagasse. Je ne m'arrête à la fabrication vulgaire que pour constater simplement l'insuffisance du rendement, et j'ajoute que, dans cette fabrication, on ne prend aucune des précautions nécessaires pour extraire un maximum de jus, pour purifier le liquide obtenu et en retirer la plus grande quantité possible de sucre. Cela tient principalement à l'usage erroné en vertu duquel on cherche à utiliser le résidu de la canne ou la bagasse en guise de combustible. Et comme cette bagasse brûle d'autant mieux qu'elle retient plus de sucre, il s'ensuit que c'est par la combustion de la plus grande partie du produit cherché qu'on arrive à en extraire une faible portion.

Fabrication perfectionnée. — Dans la fabrication moderne du sucre de cannes, la presque totalité des données est calquée sur celle de la sucrerie de betteraves.

On débute dans le travail par l'appréciation de la canne, à l'aide de ses caractères extérieurs, qui indiquent la maturité industrielle de la plante, par la chute des feuilles, la teinte mate et jaune des entre-nœuds, et l'absence d'altération visible. Les caractères essentiels se déduisent, comme pour la betterave, de la densité du jus, de la richesse absolue, de la proportion et de la nature des matières minérales, et de la proportion des matières azotées. Sous le rapport de la densité seulement, il convient de savoir qu'un jus à 1,088 ou 11°,8 B. renferme 209 grammes de sucre par litre, et que 0,001 de densité correspond à 2gr,375 de sucre par litre, chaque degré de B. représentant 17gr,71 de sucre pour le même volume. Ces données correspondent à 1,7 de matière minérale, et à 0,23 de substances organiques. Dans ces conditions, on devrait obtenir un rendement de 25,37 de masse cuite pour 100 parties de vesou normal, ce qui conduirait à 20,29 de masse cuite pour l'extraction régulière de 80 kilogrammes de jus par 100 kilogrammes de cannes, et à l'extraction de 17k,319 de sucre au lieu de 5 à 6 kilogrammes.

La canne n'a pas d'autre préparation à subir avant le travail que l'élimination des parties écrasées, gelées, altérées, des nœuds non mûrs, des branches ou rameaux adventices, et des portions fermentées. C'est dans le cannier, au moment de la coupe, que se pratique cette opération, ainsi que la division des tiges en tronçons de 1 mètre environ, et leur réunion en fagots plus ou moins faciles à transporter.

L'extraction du jus s'opère encore à peu près partout à l'aide du moulin ou des laminoirs, et la figure 61 représente l'une des meilleures dispositions de la maison Cail.

Un certain nombre de fabricants font subir à la canne une deuxième pression, après une imbibition par l'eau, afin d'augmenter autant que possible le rendement en vesou.

La purification du vesou de cannes se fait par le chaulage à la défécation, par la carbonatation et la filtration sur noir, et la seule différence consiste dans la diminution de la dose de la chaux, qu'on n'emploie guère que dans la proportion de 4 à 6 millièmes.

La concentration se fait dans les grandes usines comme dans la pratique européenne, et un certain nombre de fabriques ont adopté les appareils à effet multiple et à basse pression. Cependant, plusieurs fabricants se servent d'un appareil à l'air libre, connu sous le nom d'appareil Wetzell. Cet instrument (fig. 62) se compose essentiellement d'une auge demi-cylindrique ou surbaissée, dans laquelle tourne une série de tubes isolés dans leur longueur, mais communiquant à chaque extrémité avec une boîte à vapeur. Tout le système

tubulaire, rempli de vapeur, qui pénètre par une extrémité, et dont la condensation s'échappe par l'autre, tourne dans le liquide à concentrer ou à cuire. Chaque tube, en sortant du liquide, en emporte une couche

SUCRE.

La méthode de Philippe consiste à diviser les cannes par le hache-cannes, leur faire subir une certaine lévigation, à l'aide d'une hélice, et les soumettre ensuite à la pression dans une presse rotative à cylindre intérieur

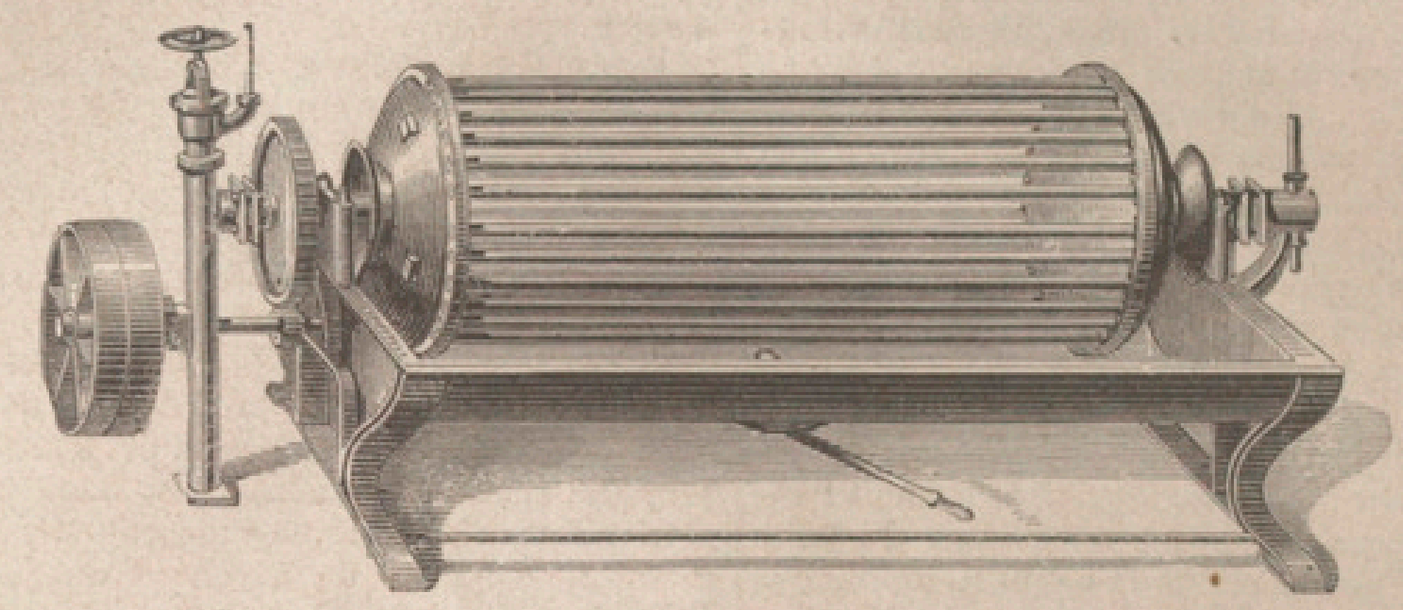


Fig. 62.

mince superficielle, dont l'eau s'évapore, presque en totalité, avant que les tubes rentrent dans la liqueur par leur mouvement de révolution. L'évaporation est extrêmement rapide dans cet appareil, et il est employé très-avantageusement dans un grand nombre de sucreries de cannes.

excentré. En dehors de l'appareil de concentration et l'appareil de cuite du même inventeur, on ne peut qu'applaudir à la tentative rationnelle qu'il a essayé de faire adopter pour l'extraction du vesou, et c'est le côté de cette méthode qui paraît le plus digne d'intérêt. Le hache-cannes de Philippe, représenté par la figure 63,

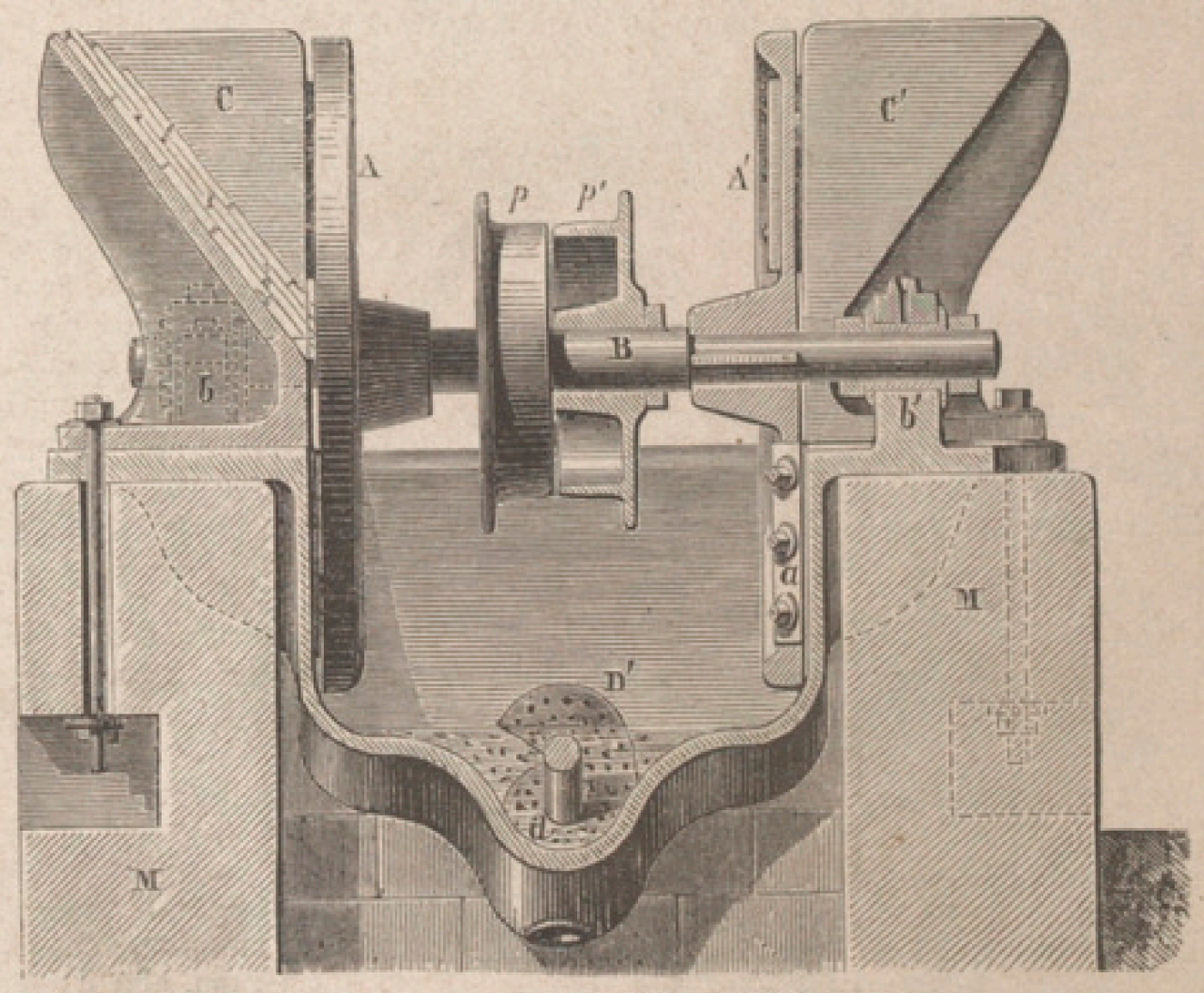


Fig. 63.

La filtration des sirops, la cuite, la cristallisation, le traitement des masses cuites, la purge ou la séparation des cristaux, l'épuisement des eaux-mères et l'utilisation des résidus se basent exactement sur les mêmes principes que les parties correspondantes de la sucrerie indigène. La seule exception à faire est relative à l'utilisation des bagasses, ou résidus de la pression des cannes, que l'on emploie le plus souvent comme combustible.

La canne à sucre a été moins exploitée par les procédés particuliers que la betterave, et je ne reviendrai pas sur ce qui a été dit précédemment à cet égard, la plupart des méthodes ou des procédés indiqués relativement à la betterave ayant été indiqués par les inventeurs comme applicables à la canne. Cependant quelques méthodes d'ensemble méritent une mention particulière et, parmi ces méthodes, celle de Philippe et celle de Fryer présentent quelques faits intéressants.

consiste en une sorte de coupe-racines double, c'est-à-dire composé de deux plateaux en fonte A et A', calés sur un même arbre B, muni d'une poulie fixe *p*, qui lui communique le mouvement, et d'une poulie folle *p'* pour recevoir la courroie motrice lorque l'on veut amener l'arrêt.

L'arbre B tourne dans les coussinets en bronze de deux paliers *b* et *b'*, dont les cuvettes sont fondues avec une sorte de cuvette D' destinée à recevoir les produits divisés, et qui sert en même temps, par ses larges rebords, de plaque d'assise à l'appareil; ces rebords, en effet, sont boulonnés sur le massif en maçonnerie M, avec les deux trémies en fonte C et C' dans lesquelles on jette la canne par brassées.

Ce qui produit la division en rouelles, ce sont les quatre couteaux *a*, fixés sur des surfaces inclinées ménagées sur la face des plateaux comme on le voit parti-

culièrement sur le détail de la figure suivante et, au pied de chaque plan incliné, une fente est ménagée pour l'échappement des rouelles qui peuvent alors tomber dans la cuvette D'.

Les cossettes, ainsi obtenues par l'action du hache-cannes, et arrivées dans le fond incliné de la cuvette, commencent à subir la lévigation. La forme de cette cuvette est telle, que « par une bride, elle vient se raccorder avec le tube cylindrique en fonte (fig. 64), qui

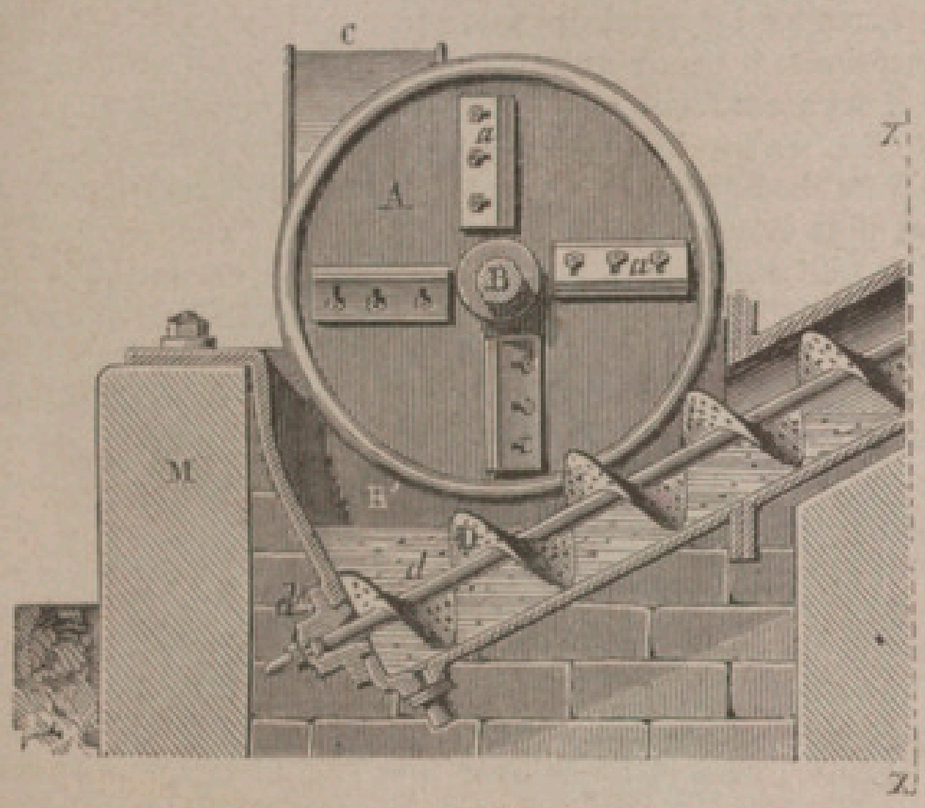


Fig. 64.

sert d'enveloppe à la vis *u*. Celle-ci est en tôle perforée, et son arbre en fer *d* tourne par son extrémité inférieure sur un pivot à lentille et à vis de réglage...; l'extrémité supérieure tourne dans un collet en bronze, ajusté dans le couvercle même de l'enveloppe, et elle est munie d'une vis sans fin, qui reçoit le mouvement d'une roue à denture héliçoïdale, dont l'axe porte la poulie E (fig. 65), actionnée par un des arbres de l'usine.

Cette vis héliçoïdale est, à proprement parler, l'instrument unique de la lévigation des cossettes, et l'on comprend que les tronçons de canne, séparés par l'instrument de division, franchissent très-aisément le tube qui renferme l'hélice, en s'imbibant plus ou moins des liquides qu'ils rencontrent, de manière à subir une osmose plus ou moins complète.... Lorsque les cossettes sont arrivées à l'extrémité supérieure de l'hélice, elles tombent dans une presse continue de forme rotative, dont le *Génie industriel* donne une bonne description. « Elle se compose d'une enveloppe circulaire G, fondue avec sa plaque d'assise G', la trémie G'' et avec des brides; à celles-ci sont boulonnés les deux fonds H, qui portent les coussinets de l'arbre H', sur lequel est calé le tambour creux excentré I.

« C'est celui-ci qui fait l'office de presseur, en entraînant, au moyen de six palettes en bronze *j*, dont il est porteur, les rouelles de cannes déversées par la vis dans la trémie, qui viennent occuper successivement des espaces de plus en plus étroits, entre l'enveloppe et la périphérie du tambour, pour être enfin expulsées par le dégorgeoir *g*, disposé à cet effet à l'endroit de l'enveloppe qui, du point le plus étroit, va en s'élargissant.

« Le tambour I est en fonte, et sa paroi percée d'une multitude de petits trous qui, à la périphérie, débouchent dans des gorges circulaires parallèles, recouvertes par une tôle en acier *i*, elle-même percée de petits trous, de sorte que le jus extrait par la pression peut pénétrer sans difficulté à l'intérieur du tambour, d'où il s'échappe latéralement par une ouverture *i'*, placée dans la ligne verticale centrale. Là, par un tuyau J, la pompe J' le prend et l'élève par le tuyau F' dans l'enveloppe de la vis, afin d'opérer la lévigation de la canne au fur et à mesure que les rouelles s'élèvent pour se rendre à la presse. Il est entendu que la pompe J' pourrait être remplacée par un monte-jus ou par tout autre moyen.

« Les six palettes en bronze *j* sont fondues creuses, chacune avec trois compartiments, comme on le voit dans la figure 65; celui du milieu est occupé par une

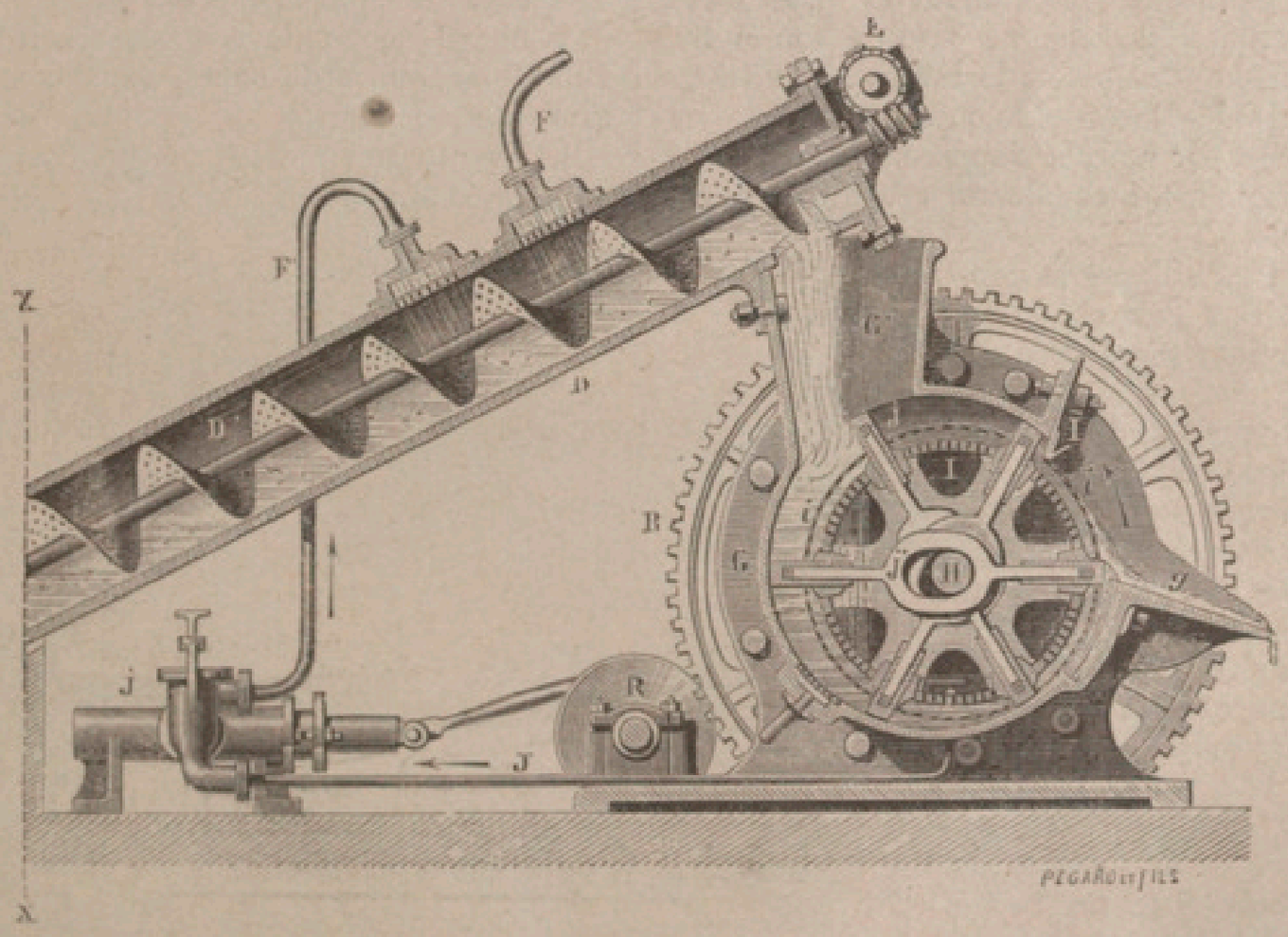


Fig. 65

« On remarque aussi vers le sommet de l'enveloppe deux espèces de petites boîtes en fonte, qui sont destinées à recouvrir de petits orifices, par lesquels les liquides, arrivant par les tuyaux F et F', sont projetés à l'intérieur sur les spires de l'hélice. »

sorte de petit piston double *j'*, reliant deux à deux celles des palettes qui sont diamétralement opposées; de cette façon, elles se trouvent toujours maintenues en contact avec l'intérieur de l'enveloppe, quelle que soit la position qu'elles occupent par rapport à l'axe; pour éviter les

SUCRE.

frottements et rendre les joints hermétiques, une certaine élasticité est donnée à l'action du piston *j'* par la superposition, au fond des palettes, de deux épaisseurs de caoutchouc *j''*, recouvertes par une lame métallique.

« Un secteur en bronze *k*, avec garniture en caoutchouc, est aussi appliqué, dans un but analogue, pour fermer l'enveloppe à l'endroit où les rouelles, pressées au maximum, sont conduites au dehors par le dégorgeoir *g*; deux vis de réglage *k'* permettent de donner à ce secteur la position excentrée dans laquelle il est convenable de le maintenir.

« Pour détacher les rouelles, qui peuvent rester attachées à la paroi *i* du tambour, il y a au-dessus du dégorgeoir une raclette L, et afin qu'elle puisse se soulever pour livrer passage aux palettes *j*, elle est maintenue en contact par un système de contre-poids qui permettent cette évolution.

« Quand au mouvement du tambour, comme il est nécessaire qu'il tourne très-lentement, on a disposé un double harnais d'engrenages, composé du pignon *r*, qui fait partie de la poulie P, montée folle, comme celle P', à l'une des extrémités de l'arbre H'; par la grande roue R, engrenant avec ce pignon son arbre K, muni du pignon *r'*, on commande la grande roue R' qui est clavetée à l'extrémité de l'arbre H', auquel est ainsi communiqué le mouvement, retardé dans les rapports existants, soit de 1 à 4 pour chaque paire d'engrenages. »

La marche de ce matériel d'extraction est facile à concevoir. On jette la canne dans les trémies d'...ache-cannes, c'est là toute la main-d'œuvre. Cette canne, divisée en cossettes, tombe dans le lévigateur, à la partie inférieure de cet organe; elle se trouve en contact avec le vesou moins dense qui provient de la presse; puis, à mesure qu'elle s'élève, avec de l'eau chaude, additionnée de deux à quatre millièmes de lait de chaux. La température de l'eau est d'environ +70°, dans le but de faciliter la dissolution du sucre et d'obtenir la coagulation des matières albuminoïdes. Lorsque les cossettes ont parcouru toute l'étendue du cylindre lévigateur, elles tombent dans la presse, dont le tambour presseur agit avec une vitesse de 1m,50 à 2 mètres.

L'inventeur évalue la puissance de pression à 540,000 kilogrammes par chaque case de son cylindre, et la durée de la pression est de 1 minute par 10 kilogrammes de canne. Il conseille en outre la suppression de la filtration sur noir, et s'appuie à cet égard sur d'excellentes raisons pour considérer cet agent comme inutile et nuisible.

Dans le système Philippe, la concentration se fait à l'air chaud, à l'aide de l'instrument représenté par la figure 66.

Cet appareil se compose d'un grand tambour horizontal en tôle A, d'une capacité assez grande pour permettre l'expansion des vapeurs. Le liquide à concentrer y est amené sous forme de brouillard par un jet violent qui vient se briser contre une lentille *a*, placée dans l'axe central du tambour. Ce jet est produit par un injecteur Giffard B, qui l'aspire dans un serpentin *b*. D'autre part, au fond du tambour, et au-dessous du jet de liquide pulvérisé, un tuyau de large diamètre C amène les gaz chauds provenant d'un générateur spécial.

Ce tambour est relié avec un tube de conduite D, en tôle, offrant une disposition inclinée, comme l'indique la figure, et présentant dans sa longueur des diaphragmes *d d* disposés en chicane, afin d'augmenter le parcours des vapeurs et de les forcer à déposer les particules de sirop entraînées par le courant gazeux. A l'autre extrémité, cette conduite débouche dans une colonne de sûreté verticale E, surmontée d'une cheminée F, pour l'entraînement des vapeurs. Une injection de vapeur, amenée par le tube *f'* dans le cône F', et destinée à activer le tirage; enfin, une séparation produite par une cloison E' empêche les sirops entraînés de se mélanger avec les produits plus aqueux qui pourraient se condenser. Des tubes de retour G portent les sirops entraînés dans des réservoirs H, disposés de façon à partager les produits selon leur densité, qui est décroissante à partir du tambour. La marche de cet appareil est assez facile à comprendre. En admettant, d'après Péclet, qu'un kilogramme d'air absorbe d'autant plus d'humidité que la température de ce mélange gazeux est plus élevée, et sachant que, à +100°, par exemple, l'humidité absorbée par un kilogramme est de 0,294 et que, à 200°, un kilogramme d'air peut entraîner jusqu'à 8k,197 d'eau, on comprend que le gaz chaud, pénétrant par C dans le tambour A, entraîne dans la conduite D et la cheminée F l'eau du vesou et détermine une concentration rapide de la liqueur. Les gaz chauds, empruntés au générateur, ne coûtent rien ou presque rien, mais on doit les purifier des substances pyrogénées, et, sous ce rapport, bien que M. Philippe reconnaisse la nécessité de cette purification, on ne trouve pas indiqués dans sa description les détails du moyen pratique pour la produire.

L'inventeur fait observer que l'acide carbonique de ces gaz chauds a l'avantage de neutraliser l'alcalinité si la chaux a été mise en excès, et il établit que la température théorique de l'intérieur du tambour ne peut dépasser 100°, et qu'elle est pratiquement de +60° à +70° seulement. Cette donnée est assez compréhensible, puisque les gaz, en absorbant l'humidité du vesou, emploient, en quelque façon, leur calorique à la vaporisation de cette humidité, c'est-à-dire à la formation de vapeur à +100°. M. Philippe déclare que la dépense en combustible ne s'élève qu'à 1,000 kilogrammes de houille, destinée à l'épuration des gaz, d'où il nous semble résulter que cette épuration doit se faire en faisant traverser, par le courant gazeux, une masse incandescente. L'économie accusée serait de 4 francs par 100 kilogrammes de sucre, sans compter l'augmentation du rendement.

L'inventeur complète son système par un appareil à cuire dans le vide.

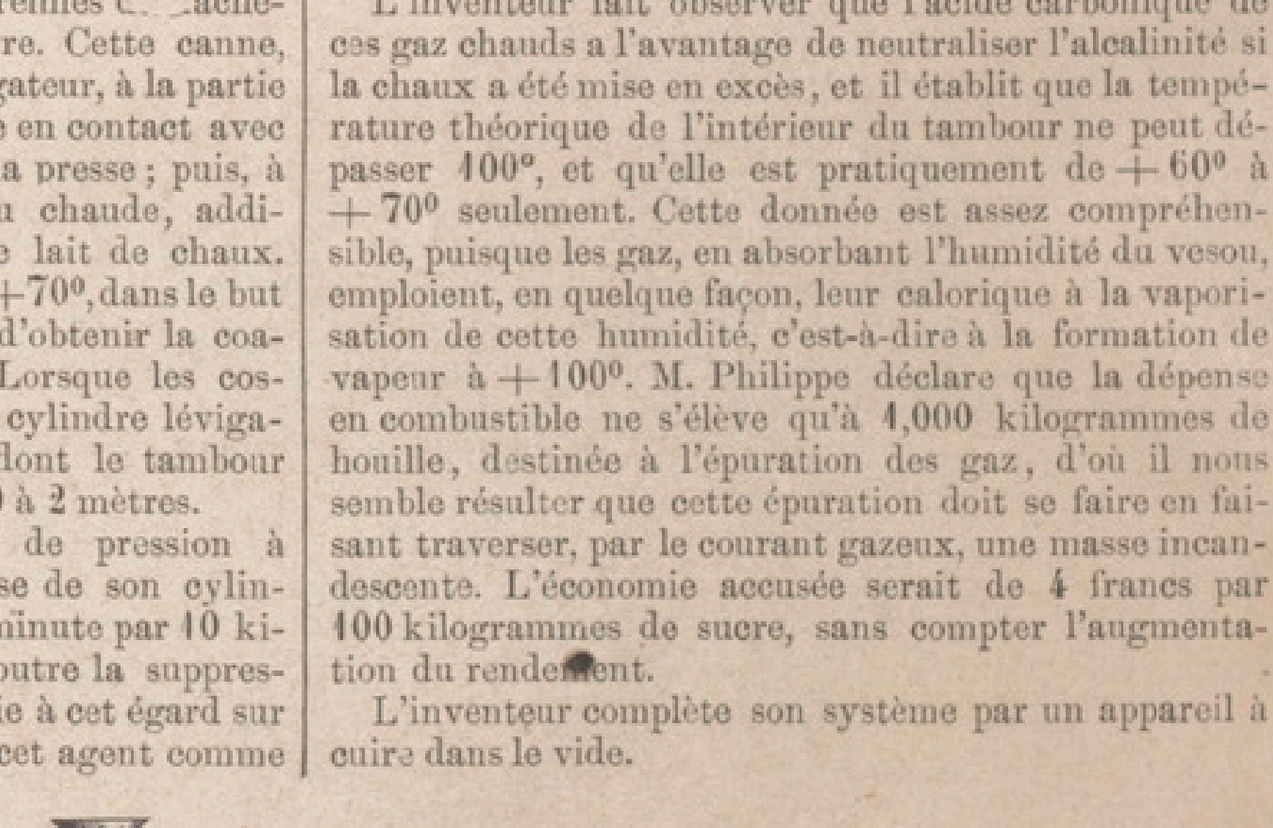


Fig. 66.

Le système de l'Anglais Fryer ne constitue pas, à proprement parler, une méthode d'ensemble, et il repose sur l'emploi d'un appareil de concentration et de cuite, sans rien modifier aux conditions habituellement mauvaises de l'extraction et de la purification des jus. Au

fond, la machine Fryer, en ce qui concerne l'idée originale, a emprunté tout ce qu'elle a d'important à l'appareil de Curaudau, qui avait déjà été reproduit par Payen et Buran pour la concentration des solutions boriques.

L'appareil Fryer consiste en deux instruments séparés, dont le premier sert à concentrer le vesou jusqu'à une densité voisine de 27° à 28° B. Le second sert à terminer la concentration ou à opérer la cuite de ce premier sirop, à l'aide d'un courant d'air chaud, qui est mis en contact avec le sirop, pendant que celui-ci est constamment agité par des lames héliçoïdales.

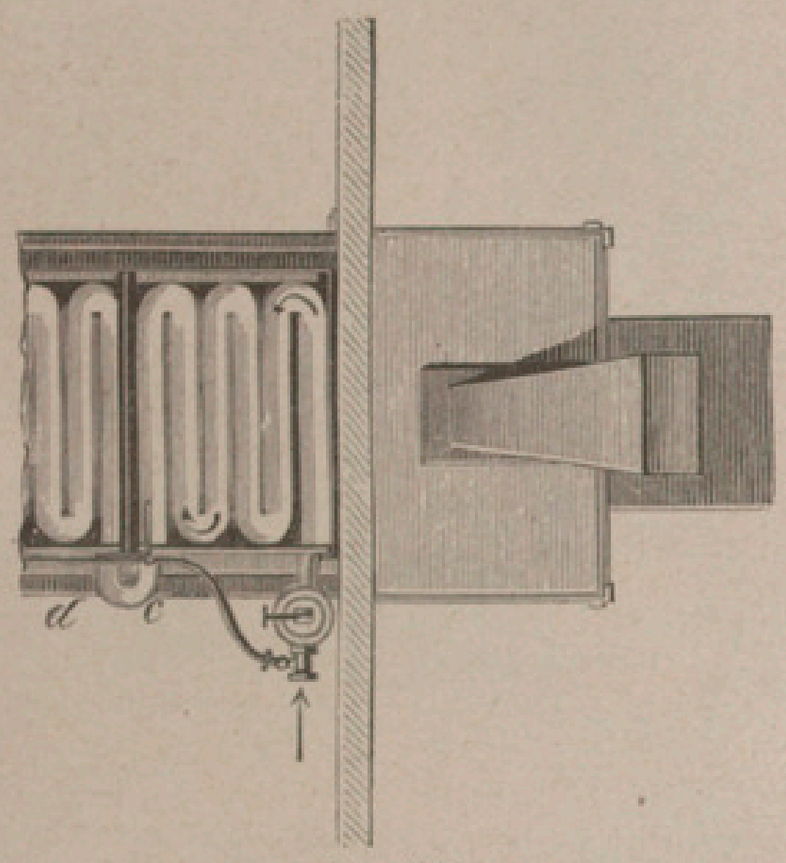


Fig. 67.

Les figures 67 et 68 représentent la vue en plan de l'appareil, dont la face supérieure indique avec une précision suffisante le chemin parcouru par les vesous. Les figures 69 et 70 donnent la coupe verticale de l'instrument en passant par l'axe. Dans la figure 70, l'appareil à air chaud et l'appareil à cuire sont dessinés en perspective, et vus de côté. Les dessins ont dû être coupés, en raison des exigences typographiques, afin de conserver aux détails des dimensions suffisantes pour l'intelligence de la machine de Fryer, dont la construction ne présente, d'ailleurs, aucune difficulté sérieuse.

La coupe verticale de l'appareil permet d'en établir le montage, ou, tout au moins, d'en comprendre les dispositions et de pouvoir exécuter facilement les indications des constructeurs.

Au fond, l'appareil est complexe : il constitue un ensemble dont la première partie répond à la vaporisation du jus sur grandes surfaces et faibles épaisseurs ; un organe particulier (*j* des figures) sert à échauffer

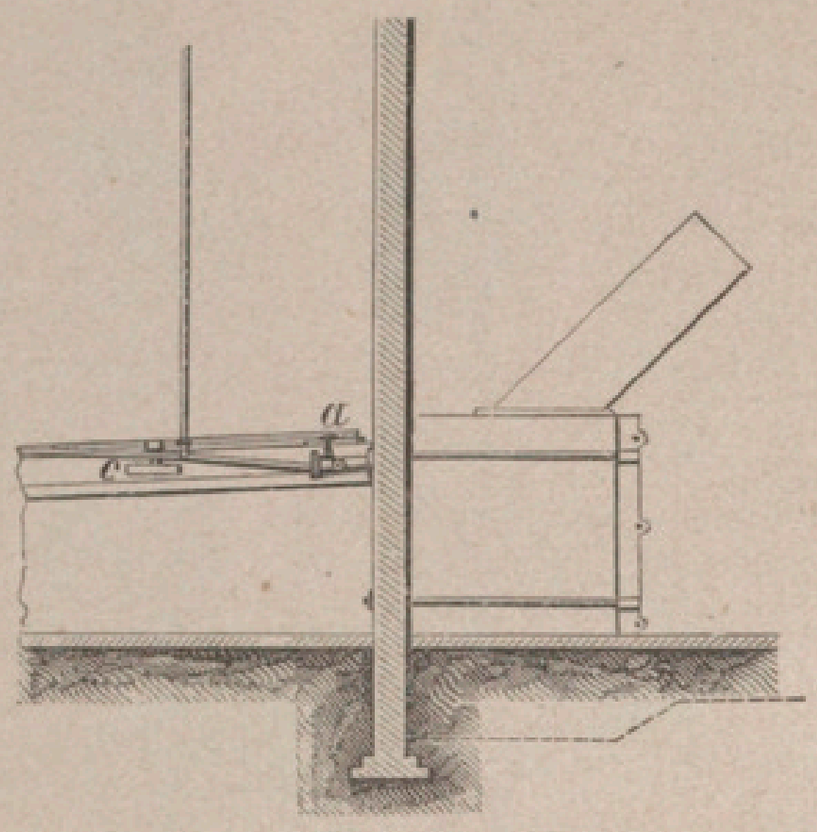


Fig. 69.

l'air qui doit être employé à la cuite et qui est appelé de l'extérieur par un ventilateur *y* et par l'intermédiaire d'une cheminée *k*. Cet air circule entre les tubes de *j*, par lesquels s'échappent les gaz chauds de la combustion, qui ont produit la concentration en passant sous les traits ou plateau de vaporisation. C'est donc la chaleur perdue qui sert à échauffer l'air employé à la cuite ou à la concentration complémentaire et, sous ce rapport, l'idée de Fryer est très-économique. Il convient de faire grande attention à ce point. En effet, l'économie de la fabrication domine aujourd'hui toutes les questions industrielles et l'on ne peut s'empêcher d'accorder au moins l'estime, sinon toute son adhésion, à une méthode ou à un appareil qui réalise cette économie. Et la diminution des frais ne portât-elle que sur un point, il y aurait encore à constater un mérite partiel, dont l'importance ne peut pas échapper au lecteur.

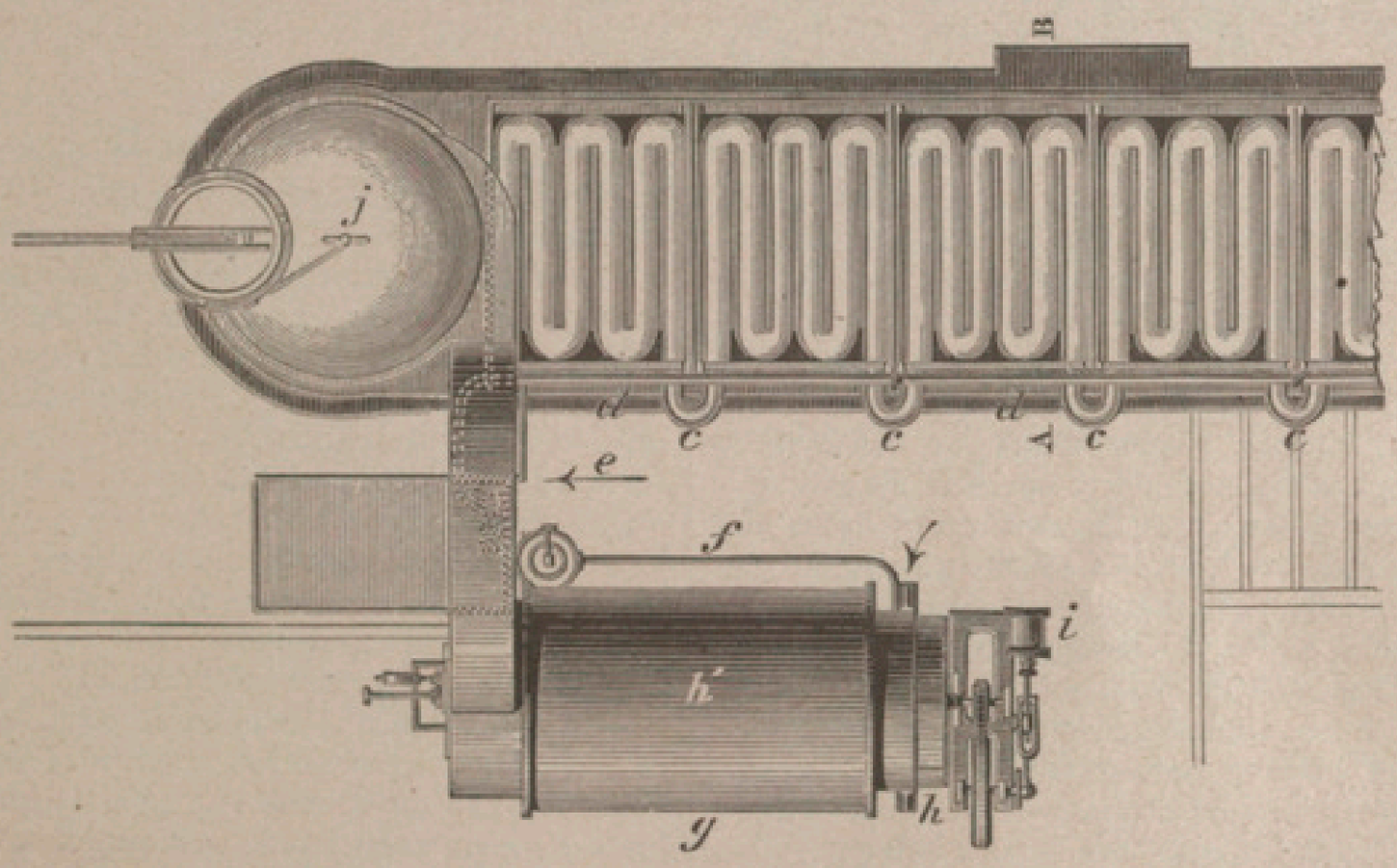


Fig. 68.

Je décris cet appareil avec plus de détails, d'après

fondeur que plus ou moins profondément. On recommande encore et on est dans l'usage de les percer dans la partie de leur tronc qui correspond au midi : cette pratique, quoique reconnue préférable, n'est pas toujours suivie.

« Les augets, de la contenance de 2 ou 3 gallons (8 à 12 litres), sont faits le plus souvent, dans les États du Nord, de pin blanc, de frêne blanc ou noir, ou d'érable; sur l'Ohio, on choisit de préférence le mûrier, qui est très-commun; le châtaignier, le chêne et surtout le noyer noir et le *bitter nut*, ne doivent point être employés à cet usage, parce que la séve se chargerait facilement de la partie colorante et même d'un certain degré d'amertume dont ces bois sont imprégnés. Un auget est placé à terre, au pied de chaque arbre, pour recevoir la séve qui s'écoule par les deux tuyaux introduits dans les trous faits avec la tarière; elle est recueillie journellement et portée au camp, où elle est déposée provisoirement dans des tonneaux, d'où elle est tirée pour emplir les chaudières. Dans tous les cas, elle doit être bouillie dans le cours des deux ou trois premiers jours qu'elle a été extraite du corps de l'arbre, étant susceptible d'entrer promptement en fermentation, surtout si la température devient plus modérée. On procède à l'évaporation par un feu actif, en ayant soin d'écumer pendant l'ébullition, et on ajoute à la richesse de la liqueur par l'addition successive de nouvelles quantités de séve, jusqu'à ce qu'enfin elle prenne une consistance sirupeuse; on la passe alors, après qu'elle est refroidie, à travers une couverture ou toute autre étoffe de laine, pour en séparer les impuretés dont elle pourrait être chargée.

« Quelques personnes recommandent de ne procéder au dernier degré de cuisson qu'au bout de douze heures; d'autres, au contraire, pensent qu'on peut s'en occuper immédiatement. Dans l'un où l'autre cas, on verse la liqueur sirupeuse dans une chaudière qu'on n'emplit qu'aux trois quarts et, par un feu vif et soutenu, on l'amène promptement au degré de consistance requis pour être versée dans les moules ou baquets destinés à la recevoir. On connaît qu'elle est arrivée à ce point, lorsqu'en prenant quelques gouttes entre les doigts on sent de petits grains. Si, dans le cours de cette dernière cuite, la liqueur s'emporte, on jette dans la chaudière un petit morceau de lard ou de beurre, ce qui la fait baisser immédiatement. La mélasse étant écoulée des moules, ce sucre n'est plus déliquescent comme le sucre brut des colonies.....

L'érable à sucre est l'*acer saccharinum*, mais la plupart des érables en contiennent aussi, bien qu'en proportions moins importantes. On estime que la séve du maple contient de 2 1/2 à 3 pour 100 de sucre cristallisable.

Dans l'Inde, on extrait le sucre prismatique d'une variété de palmier-dattier, et dans certaines contrées des Indes orientales, on utilise le sucre produit par diverses plantes, et notamment par le *borassus flabelliformis*. Dans les pays du Nord, on prépare une sorte de sirop ou de miel par la concentration de la séve des bouleaux.

RAFFINAGE DU SUCRE BRUT.

Lorque les cristaux de sucre sont obtenus à l'aide d'une matière végétale quelconque et par les procédés anciens ou par ceux de la fabrication perfectionnée, ils sont encore loin d'être purs et de pouvoir être livrés à la consommation, bien que le sucre extrait de la canne soit directement consommable à raison de la saveur franche et de l'arome agréable qu'il présente. Il est nécessaire de soumettre ce produit à une purification ultérieure, pour l'obtenir sous la forme préférée par l'usage et la consommation. C'est cette purification du sucre brut qui est l'objet de ce qu'on nomme le raffinage.

Pour le technologiste, les opérations du raffinage sont loin de présenter l'importance qu'on a voulu leur attribuer, et, comme dans toutes les opérations similaires de la chimie appliquée, elles reposent sur quelques principes fort simples, parfaitement connus dans une foule d'autres spécialités, et qui ne demandent au fond qu'une somme d'efforts et d'intelligence beaucoup moindre que celle requise par la fabrication la plus élémentaire. Il ne conviendrait pas, en effet, pour un industriel sérieux, de prendre le change en présence des établissements immenses affectés au raffinage des sucres, car l'étendue des installations, le capital argent immobilisé, le nombre des ouvriers employés ne représentent que la nécessité de produire des masses, et n'ont rien de commun avec les difficultés prétendues d'un travail qui n'en comporte aucune.

Ceci posé, on peut dire que le raffinage des sucres repose sur deux principes fondamentaux, qu'il suffit d'appliquer rationnellement pour obtenir de bons résultats. Le premier de ces principes consiste en ce que la purification des sucres, comme celle de tous les cristaux en général, doit se faire par une nouvelle cristallisation. Le second se déduit de la proposition de Thénard, dont voici la formule :

Un sel ou un corps soluble cristallisé étant donné, mélangé avec d'autres solubles, si on fait passer à travers les cristaux impurs une dissolution saturée de ce même sel pur, elle ne dissoudra plus du sel dont elle est saturée, mais elle pourra dissoudre les autres sels qui l'accompagnent.

Tout le raffinage consiste donc à faire redissoudre les sucres obtenus dans la moindre quantité d'eau possible, à les faire cristalliser dans des vases et sous des formes convenues et à laver les cristaux avec une solution saturée de sucre, qui peut dissoudre et entraîner les matières étrangères interposées sans dissoudre du sucre lui-même.

L'art de raffiner le sucre remonte à une époque très-éloignée, et de la Perse cette branche de l'industrie sucrière passa à Venise, puis en Allemagne, puis en Hollande, où il était déjà en plein succès dans la première moitié du dix-septième siècle. Les Anglais commencèrent à raffiner le sucre vers 1659, et c'est en 1692 que les colonies françaises se mirent à appliquer les procédés de purification de la matière sucrée.

L'ancienne méthode de raffinage était fort simple; elle consistait à dissoudre ou à faire fondre le sucre dans la chaudière à clarifier, c'est-à-dire à préparer la *clairce*, le *sirop clair* ou la *clairée*. Cette chaudière (figure 73)

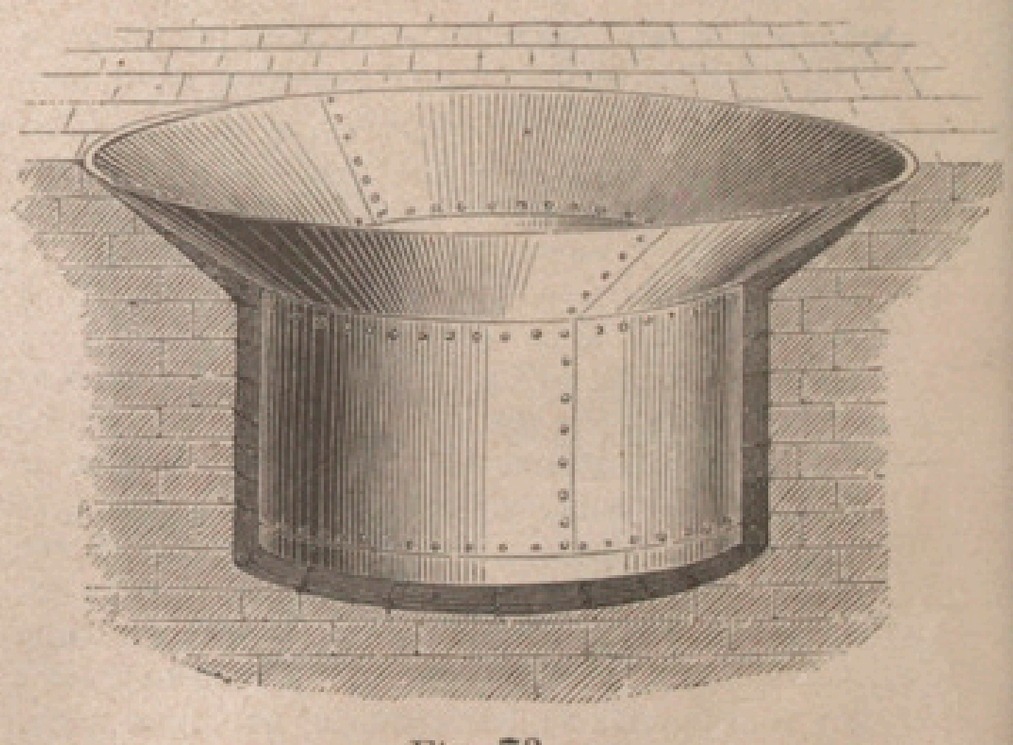


Fig. 73.

était un cylindre à fond plat, d'un diamètre à peu près égal à la profondeur, et d'une capacité plus ou moins considérable. Elle était munie d'une bordure très-

évasée au-dessus de son niveau supérieur, dont le but était de s'opposer à la sortie des écumes. Le second instrument était une seconde chaudière, *chaudière à claire* ou à *clairée*, dont les dimensions et la forme étaient à peu près les mêmes que la précédente, sauf l'évasement qui n'existait pas. On faisait aussi des chaudières à clairée de forme hémisphérique. Cette chaudière était tout simplement une chaudière de concentration, une sorte d'intermédiaire entre la chaudière à clarifier et la *chaudière à cuire*.

Celle-ci était sans bordure évasée, tout à fait semblable à la chaudière à clarifier.

Comme cela se comprend aisément, il n'était pas question d'un autre mode d'application de la chaleur que par le *feu nu*; aussi était-on obligé de donner au fond de ces chaudières une épaisseur plus grande que dans la partie cylindrique, afin qu'elles pussent résister plus longtemps à l'action du feu.

Des *mouverons* ou râbles en bois à long manche, des *blanchets* à filtrer en étoffe de laine, un *panier à passer*, quelques seaux et bassins, une grande écumoire surtout, l'*écumeresse*, comme la nommaient les ouvriers, complétaient cette partie du matériel.

La portion du matériel, les détails de l'instrumentation, usitée dans le traitement des *sirops à cristalliser après la cuite*, ne différaient pas sensiblement de leurs modernes correspondants. Les opérations étaient au fond les mêmes.

On avait les *rafraîchissoirs*, ou bacs à rafraîchir, à faire refroidir les sirops sortant de cuite, les *formes* et leurs *bacs*, les *becs-de-corbin* pour faire l'*empli*, le couteau à *opaler*...

Lorsque la cristallisation était faite, il fallait *primer* les formes, en y enfonçant la prime pour faciliter l'écoulement du sirop, les placer sur les *pots d'égout*, afin de faire la *purge*. On *lochait* ensuite les pains, on faisait les *fonds* et l'on procédait au *terrage*. Ce *terrage* était suivi du *plamotage*, d'un second *lochage*, enfin, de l'*étuvage*.

Lorsqu'on avait fait dissoudre du sucre dans l'eau de chaux, portée à une certaine température arbitraire, vers + 50° ou + 55° environ, on y ajoutait du sang de bœuf ou des blancs d'œuf battus, et la liqueur, soumise à l'action croissante de la chaleur, laissait bientôt s'élever des écumes dues à la coagulation de l'albumine, qui entraînait les matières étrangères, et ces écumes étaient enlevées à l'aide de l'écumoire ou *écumeresse*. Le sirop, ainsi clarifié et écumé, était filtré à travers le *blanchet*, placé sur le panier à passer, et il subissait, dans la chaudière à clairer, une concentration vers 35° à 37° B. De là on le faisait passer dans la chaudière, où on le concentrait jusqu'à la preuve au filet; après quoi, et à la suite d'un court séjour dans des rafraîchissoirs, la masse mouvée, commençant à présenter le grain, était versée dans les formes pour y cristalliser et subir ensuite les autres opérations du raffinage, lesquelles n'ont pas beaucoup varié en principe.

Dans le raffinage moderne, on trouve :

1° La *dissolution* du sucre et sa *clarification* avec le sang de bœuf et le noir fin, dans une *chaudière à clarifier*.

Ceci est de la méthode ancienne; on y a ajouté :

2° Le passage du sirop, mélangé avec les agents de clarification, dans une seconde chaudière où la matière est chauffée pour la coagulation de l'*albumine du sang*, mouvée et agitée.

La chaudière ancienne à clarifier s'est dédoublée; on en fait la besogne dans deux vases, ou deux séries de vases, pour la rapidité du travail seulement, sans qu'il y ait d'autre raison de cette modification, insignifiante au point de vue des principes ;

3° Le passage dans *la caisse à débourber*, qui remplace le *panier à passer* et le *blanchet*, ce qui est au fond la même chose ;

4° Le *passage intermédiaire* dans un récipient, un bac, une citerne quelconque et la reprise par un *monte-jus* pour porter à la *filtration décolorante* ;

5° La *filtration décolorante* ;

6° La *cuite* ;

7° La mise en *réchauffoir*, puis l'*empli*, etc., comme dans l'ancien travail, sauf la *turbine* et le *clairçage*.

En somme, les opérations du raffinage sont rangées dans l'ordre suivant :

1° *Clarification* ; 2° *Débourbage* ; 3° *Décoloration* ; 4° *Cuite* ; 5° *Cristallisation* ; 6° *Purge* ; 7° *Blanchiment* ; 8° *Dessiccation*.

Après un essai préalable des sucres, pour en apprécier la qualité et notamment l'acidité ou l'alcalinité, afin de pouvoir, autant que possible, les mélanger de manière à obtenir des sirops neutres, on introduit dans une chaudière (fig. 74) 250 à 260 litres d'eau, dont on

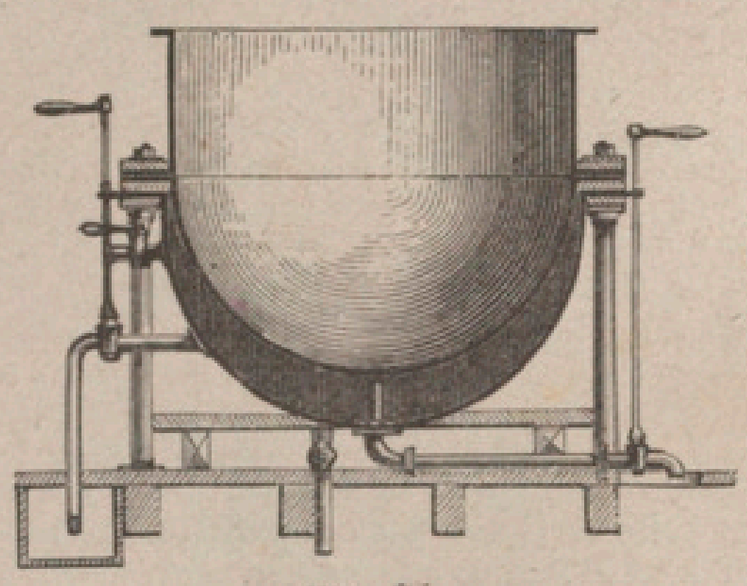


Fig. 74.

élève la température d'une manière lente et progressive, puis on y ajoute 750 kilogrammes de sucre environ, et l'on brasse avec un râble jusqu'à ce que la dissolution soit opérée, et que le sirop accuse 37° à 39° B. On ajoute quelquefois à ce sirop des sirops provenant de la fabrication et qui doivent être clarifiés à nouveau.

La température étant portée de + 45° à 55°, on peut clarifier dans la chaudière de refonte ou dans une autre chaudière. Dans tous les cas, on ajoute au sirop de 2 à 4 pour 100 de noir fin, et de 1,5 à 2,25 de sang de bœuf frais ou conservé. On brasse de manière à opérer un mélange aussi intime que possible, jusqu'à ce que la température soit arrivée au-dessus de + 80°. On laisse se prononcer le bouillon, et l'on envoie le mélange aux débourbeurs, dans lesquels s'opère une première filtration destinée à remplacer l'écumage et le passage au blanchet de l'ancienne raffinerie. Après le débourbage, les sirops sont filtrés sur du noir d'os neuf ou revivifié, ou en mélange, de manière à obtenir des clairces peu colorées, que l'on envoie ensuite à la cuite.

C'est ici le lieu de mentionner la nécessité de vérifier l'intensité de coloration des liquides destinés à être filtrés sur le noir, de manière à connaître la proportion de cette substance à employer. Parmi les nombreux colorimètres proposés, celui de M. J. Duboscq (fig. 75 et 76) se distingue par une grande simplicité de principe et une très-grande élégance, bien que, exactement comme tous les autres instruments du même genre, il ne puisse servir à différencier que les tons d'une même couleur ou d'une même teinte.

Cet appareil se compose d'une lunette A, portée sur un support métallique dans lequel elle entre à frottement doux, de manière à pouvoir être rapprochée ou écartée d'une sorte de boîte quadrangulaire, dont la partie supérieure porte une ouverture circulaire. Cette boîte fait office de chambre noire, et elle renferme le système optique grâce auquel les deux teintes compa-

rées peuvent être perçues simultanément par l'œil appliqué à l'oculaire de la lunette. La face inférieure de

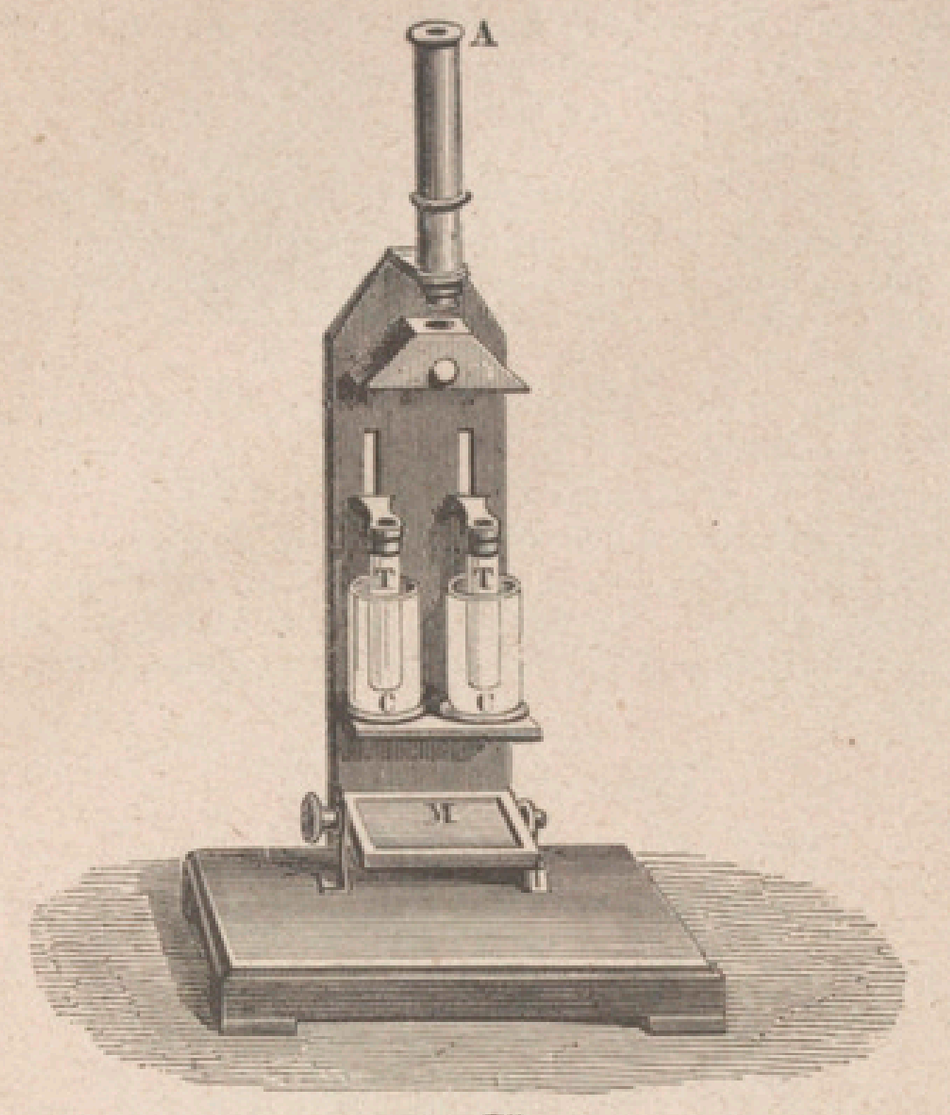


Fig. 75.

cette chambre noire porte deux ouvertures, dans le prolongement des verticales passant par l'axe des tubes qui *plongent* dans le liquide à examiner.

Au-dessous de ces ouvertures, et en correspondance d'axe avec elles, sont deux tubes portés chacun par un support; ce support est mobile et il s'élève ou s'abaisse par le monvement d'un bouton à crémaillère. Ce mouvement permet de faire plonger chaque tube, d'une certaine quantité, dans les liquides à comparer, lesquels sont placés dans deux godets formés d'un morceau de tube en verre. Le fond de ces godets est une plaque de cristal, mastiquée sur le bord du tube, et il est, en outre, vissé sur une garniture en laiton. Les deux godets reposent sur les deux ouvertures d'une plaque porte-objets, au-dessous de laquelle une glace mobile tourne sur un axe horizontal, de manière à réfléchir la lumière et à permettre de diriger le rayon lumineux. La plaque métallique sur laquelle est monté cet ensemble porte, à l'arrière, une échelle double, graduée de 0 à 50 millimètres, et les plaques de glissement des tubes font office de vernier le long de ces échelles.

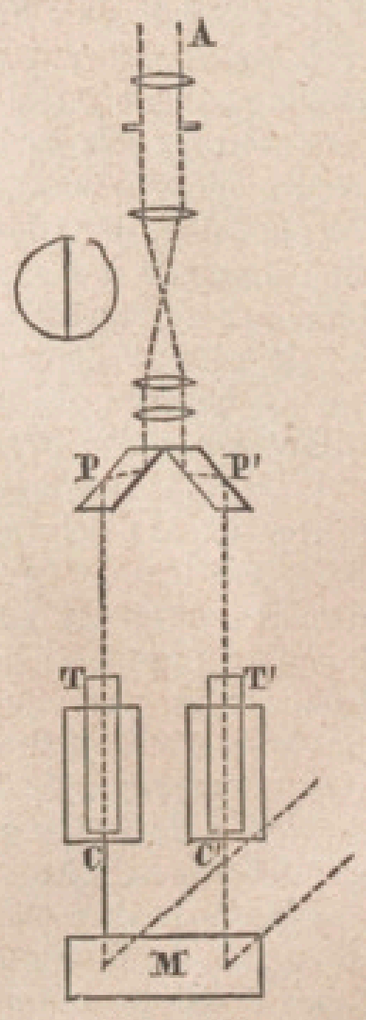


Fig. 76.

La figure 76 ci-contre fait comprendre facilement les dispositions théoriques de l'instrument. Au-dessous de la lunette A, la chambre noire est occupée par deux prismes P et P' qui sont réunis par l'arête supérieure et forment un angle droit. La bissectrice correspond au centre de la lunette, en sorte que le cercle de la vision est partagé en deux demi-cercles, et ces deux demi-cercles présentent chacun un ton différent, suivant que le rayon lumineux a traversé une couche liquide de même nuance plus ou moins épaisse, ou des couches de nuance différente, mais d'épaisseur variable. En effet, si l'on suppose les deux liquides identiques de ton et d'épaisseur, le rayon parviendra à l'œil dans les mêmes conditions après avoir traversé les prismes, et les deux demi-cercles présenteront le même ton, bien qu'ils soient séparés par une ligne obscure due à la réunion des prismes. Le rayon lumineux, après avoir frappé le miroir M, se relève suivant la verticale en C C', et traverse la couche du liquide coloré qui se trouve entre le fond de chaque godet et du tube correspondant. On comprend que les deux rayons doivent rester identiques, si la couche traversée est de même ton et de même épaisseur. Ces rayons pénètrent dans les prismes P et P', où ils se réfléchissent à angle droit pour se relever verticalement suivant la loi de réflexion. Ils passent à travers les lentilles de la lunette et se croisent, en sorte que l'œil perçoit à gauche la coloration du demi-cercle correspondant au godet de droite, et réciproquement. Si la couche colorée est plus épaisse dans un godet que dans l'autre, le demi-cercle en relation offrira un ton plus foncé, et il en sera de même, à épaisseurs égales, si les liquides sont de tons différents. On comprend aisément la possibilité de comparer les liquides de même teinte, puisqu'il doit suffire d'augmenter l'épaisseur de la couche moins colorée et de diminuer celle de la couche plus foncée jusqu'à ce que les deux demi-disques présentent une identité complète.

La cuite des sirops, filtrés sur une quantité de noir indiquée par l'essai colorimétrique, se fait dans le vide à l'aide d'un appareil identique à ceux dont on se sert en fabrication. En général, dans le raffinage moderne, on cuit en grains les premiers produits et même les plus beaux des produits secondaires. Les produits inférieurs, produits de reprise ou bas produits se cuisent habituellement en filet, en sirop, et sont soumis à une cristallisation plus ou moins lente, dont le produit cristallisé, turbiné, rentre dans la fabrication.

Le sirop cuit est réchauffé vers + 80°, puis introduit dans les formes, après qu'on a bien mélangé la masse cristalline. Le local où se fait l'empli doit être maintenu à la température moyenne de + 35°. Au bout de 15 heures, on enlève la tape des formes, et on laisse se commencer la purge ou la séparation des eaux-mères, au-dessus de rigoles d'égout ou sur des planchers-lits-de-pain, qui ont pour but de conduire les eaux-mères ou sirops d'égout vers un récipient spécial. Après 12 ou 14 heures, la patte des pains est sèche à la main; le sucre, débarrassé du *sirop vert*, est devenu du sucre vert égoutté, mais il n'est complétement égoutté qu'au bout de six jours, pendant lesquels on s'assure de l'état des pains en en lochant quelques-uns, c'est-à-dire en les retirant un instant de la forme pour les examiner.

Le travail des greniers, qui commence ordinairement par l'égouttage ou la purge, se continue par le lochage de tous les pains d'une série, par la préparation des fonds, c'est-à-dire par le remplissage des dépressions de la patte, à l'aide des débris de sucre enlevés sur le pourtour, sur une épaisseur d'environ 0m.03. Il ne s'agit plus alors que de laver les cristaux, de les faire égoutter, et de soumettre les pains à la dessiccation.

Le lavage des cristaux se faisait, dans l'ancienne fabrication, par le terrage, qui consistait à placer sur la patte des pains une bouillie argileuse, laissant échapper son eau très-lentement, de manière à former un sirop aux dépens des fonds, et à blanchir le sucre par le passage de ce sirop à travers la masse du pain. On renouvelait ce terrage deux ou trois fois, jusqu'à ce que l'on eût obtenu la nuance suffisante. Aujourd'hui, on se contente de verser sur la patte des pains, après avoir fait les fonds, de la claircе blanche qui passe à travers le pain, et enlève les matières colorantes et les substances solubles étrangères. Quatre doses de claircе, d'un kilogramme chacune, suffisent ordinairement au blanchi-

ment des pains et, après six jours d'égouttage, le sucre est assez sec pour pouvoir être soumis aux opérations ultérieures. On abrége maintenant la durée de cet égouttage en plaçant les formes sur des cônes garnis de caoutchouc, faisant joint hermétique; en ouvrant un robinet, on fait communiquer l'ouverture de la tête de la forme avec une pompe aspirante, dont l'action enlève promptement les dernières traces de sirop. C'est ce qu'on appelle l'égouttage forcé par la sucette.

Lorsque les pains sont égouttés, on les *plamote*, c'est-à-dire qu'on régularise la patte du pain à l'aide d'un *rifflard* ; on loche les pains pour les vérifier, on les retourne sur la base, puis, lorsqu'ils sont parvenus à un état suffisant de dessiccation moyenne, on les recouvre de papier, et, après 24 heures d'exposition à l'air, on les soumet à une dessiccation graduelle à l'étuve.

Les débris de sucre provenant du travail, mélangés avec des sirops qui ont servi à laver les seconds produits, servent à fabriquer des produits secondaires pour lesquels on se comporte exactement de la même manière. Ces seconds produits sont les *lumps* ou les *bâtardes*. On fabrique encore une troisième qualité, connue sous le nom de *vergeoise*, et les bas produits, recuits et soumis à la cristallisation, fournissent des sucres de turbine, qui rentrent dans le travail, et, en fin de compte, une mélasse épuisée qu'on livre au distillateur, après avoir cherché parfois à en extraire encore une portion du sucre qu'elle renferme.

SUCRE CANDI. On peut considérer la fabrication du sucre candi comme une sorte de raffinage incomplet, en ce sens que le sucre brut, soumis à une cristallisation nouvelle, abandonne une partie de ses impuretés dans les eaux-mères, mais que, en raison de la grosseur des cristaux et de leur complexité, il reste de cette eau-mère interposée entre les plans des faces cristallines. D'après Berzélius, le sucre candi retiendrait 5,6 d'eau sur 100 parties; on distingue le candi blanc, le candi paille et le candi roux, dont les nuances proviennent des matières employées à la fabrication.

Après dissolution du sucre, on clarifie le sirop avec le noir fin et les œufs, on filtre et l'on cuit au soufflé. On met en cristallisation dans des vases en cuivre hémisphériques (fig. 77), qui doivent être très-lisses à l'intérieur

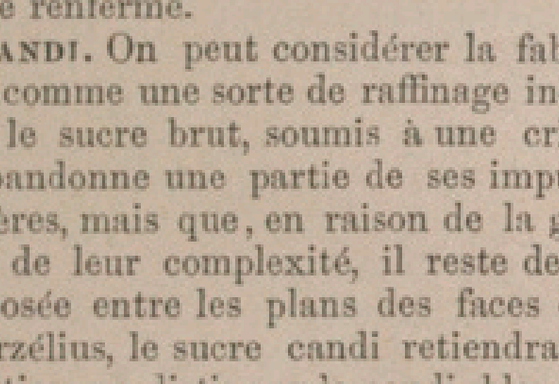


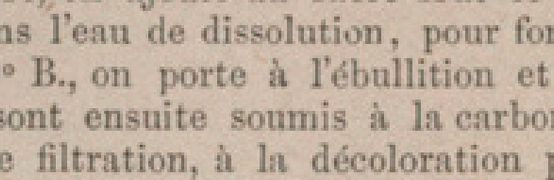
Fig. 77.

et présenter 15 à 20 petits trous *a*, *b*, qui servent à laisser passer les fils sur lesquels s'attacheront les cristaux. Quand les fils sont placés, on bouche à l'extérieur ces trous avec de petits morceaux de papier gommé. Les terrines remplies sont portées dans une étuve spéciale, où l'on maintient la température vers + 50° ou + 52°. La cristallisation est terminée en un temps variable de 6 à 12 jours. Quand elle est finie, on détache une portion de la croûte cristalline, on décante le sirop, on fait égoutter, puis on détache les cristaux, après avoir plongé l'extérieur de la bassine dans l'eau bouillante. Les cristaux détachés sont mis à l'étuve, et après 24 heures de dessiccation, on les encaisse.

PROCÉDÉ BOIVIN ET LOISEAU. MM. Boivin et Loiseau, ont imaginé un procédé particulier qui s'applique spécialement au raffinage. Il consiste à préparer une sorte de magma gélatineux, en faisant passer un courant d'acide carbonique dans une dissolution de sucre renfermant au moins un poids égal de chaux. C'est à ce magma que MM. Boivin et Loiseau donnent le nom de sucrate d'hydrocarbonate de chaux. Les liquides doivent avoir une densité de 20°, et la température, au moment de l'introduction de l'acide carbonique, doit être à + 20°. Cette combinaison se décompose par l'ébullition et par l'action de l'acide carbonique. A la fonte, on met de ce magma dans la chaudière, on ajoute du sucre brut et du sirop au besoin dans l'eau de dissolution, pour former une clairce à + 30° B., on porte à l'ébullition et l'on filtre. Les sirops sont ensuite soumis à la carbonatation, à une nouvelle filtration, à la décoloration par le noir, à la cuite, etc. J'ai fait voir dans mon ouvrage spécial les avantages et les inconvénients qui peuvent résulter de ce procédé [1].

OSMOSE. Une amélioration applicable à la raffinerie aussi bien qu'à la fabrication consiste dans l'extraction du sucre des mélasses épuisées par la méthode osmotique de M. Dubrunfaut. Bien qu'on puisse appliquer logiquement à cette extraction le procédé Margueritte, et même le procédé Boivin et Loiseau, ces deux procédés ne paraissant pas encore avoir été mis en usage dans la fabrication, c'est l'emploi de l'osmogène qui semble avoir été jusqu'à présent adopté par l'industrie.

L'appareil employé par M. Dubrunfaut, pour l'analyse osmotique des mélasses, et auquel il a donné le nom d'osmogène, est représenté par les figures 78 et 79



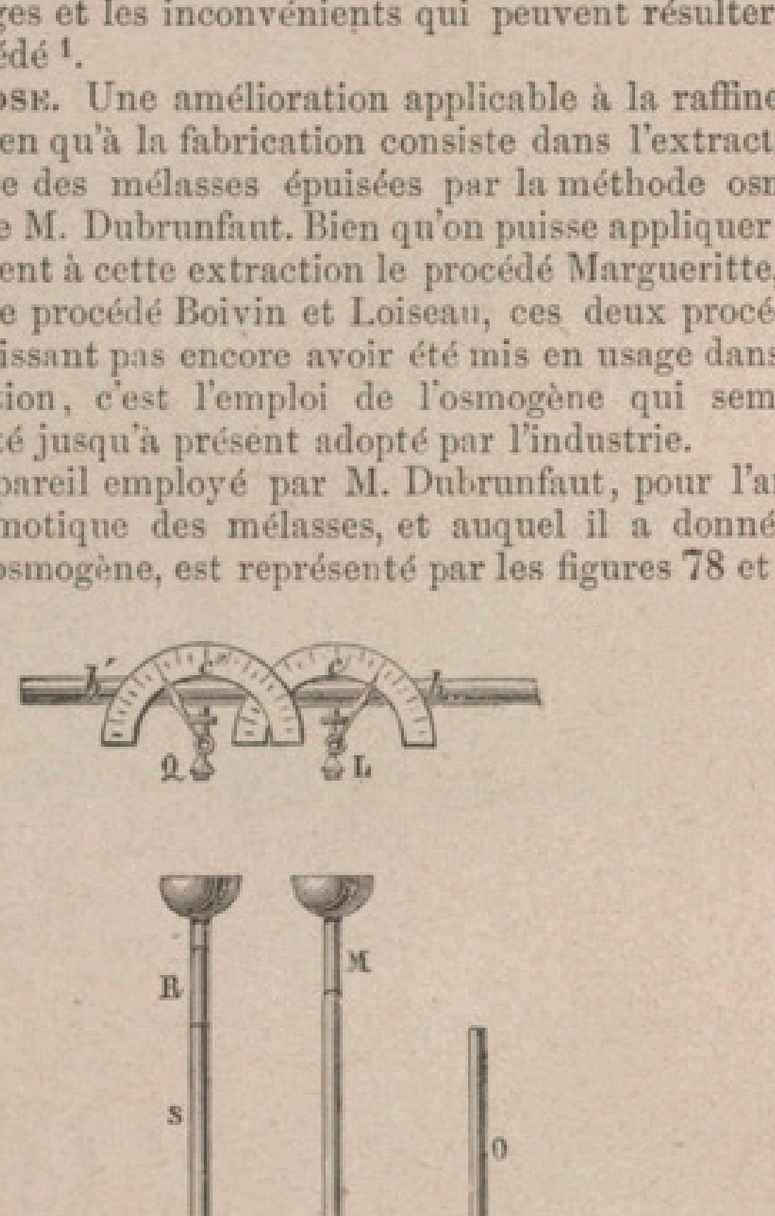


Fig. 78.

Il se compose de cadres en bois de hêtre ou de chêne, de 15 millimètres d'épaisseur, et portant 0m,90 de large sur 1m,15 de hauteur. Ces cadres sont au nombre

(1) *Guide du Fabricant de sucre*, vol. III, p. 638 et suiv.

SUCRE.

de cinquante et, quand ils sont réunis, ils sont maintenus par des pièces en fonte BB, lesquelles sont fixées

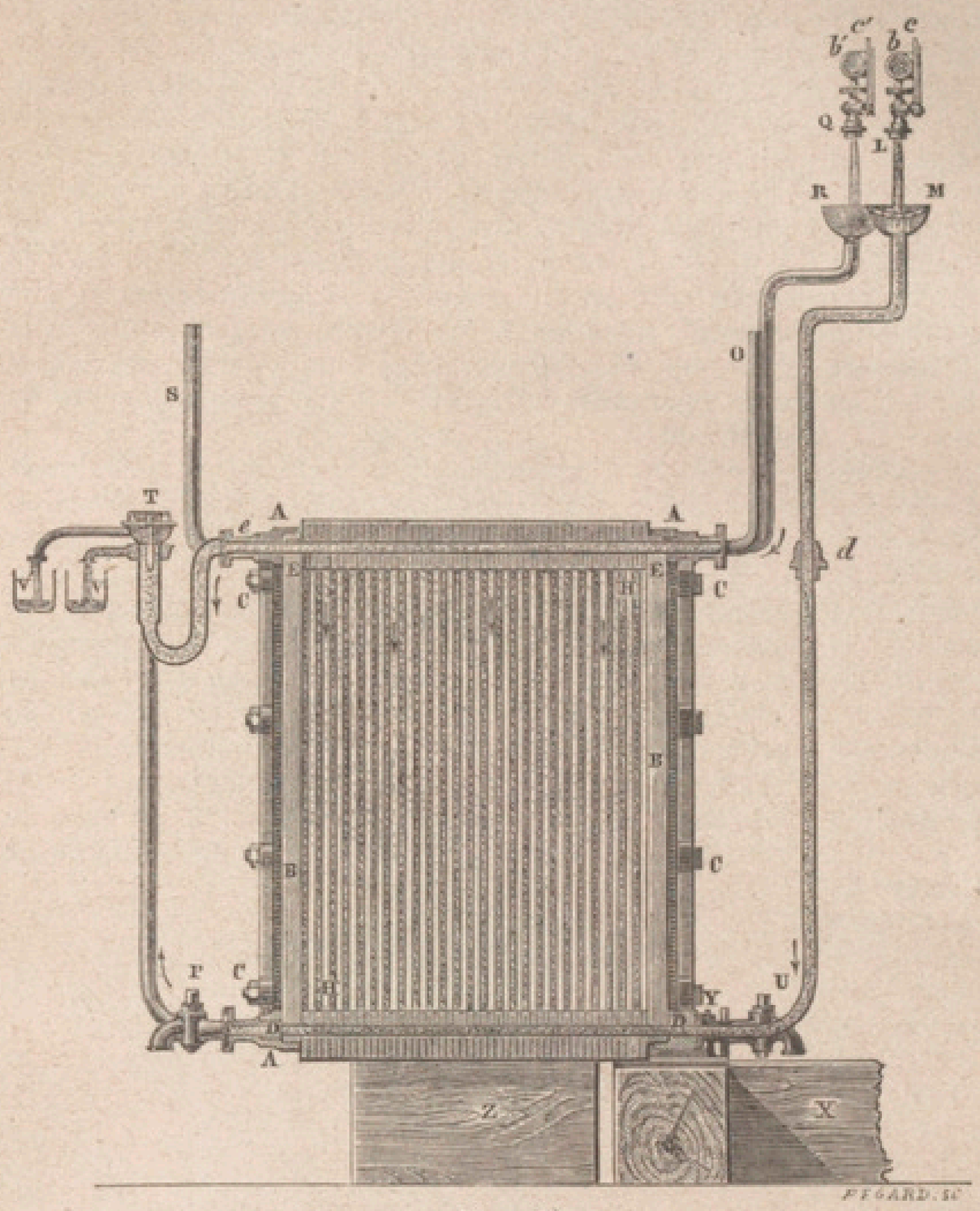


Fig. 79.

à des planches de chêne de 0m,045 d'épaisseur, à l'aide des boulons à écrou *cc*, qui permettent d'exécuter la pression des cadres les uns contre les autres, lorsqu'ils ont été montés comme il va être dit. Ces cadres sont percés, en haut et en bas, de deux séries de trous qui se correspondent à travers le bois et forment quatre canaux, dont deux pour l'arrivée et la sortie de la mélasse, et deux pour l'arrivée et la sortie de l'eau. Deux de ces conduits, l'un en haut et l'autre en bas, communiquent avec les cadres des numéros pairs, tandis que les deux autres communiquent avec les numéros impairs. Il en résulte que la mélasse qui arrive par le tuyau vertical M et entre par le canal horizontal D, monte dans les compartiments des numéros impairs, pendant que l'eau, pénétrant par le conduit R, exécute un mouvement absolument contraire. Il s'ensuit que, si l'on sépare les cadres les uns des autres par une feuille de parchemin, de manière que les joints soient parfaitement étanches, la mélasse occupera tous les espaces impairs pendant que l'eau circulera dans tous les espaces pairs, et que les deux liquides exécuteront un trajet considérable, en contact indirect l'un avec l'autre, et séparés seulement par l'épaisseur de la membrane animale. Il est évident que, dans ce trajet d'environ 50 mètres carrés, le liquide dialytique aura un temps considérable pour agir sur la matière à analyser, dans les conditions mêmes réclamées par le principe de la *macération*.

Le parchemin animal est avantageusement remplacé par le parchemin végétal ou papier sulfurique, qui en présente toutes les propriétés principales, et dont l'emploi est beaucoup plus économique. L'étanchéité des joints est assurée par des bandes de caoutchouc de 0m,07 de large sur 0m,001 à 0m,0015 d'épaisseur, et tous les autres joints sont mastiqués au minium avec la plus grande attention pour que l'appareil conserve parfaitement les liquides.

Le robinet L, à index mobile, sert à apporter la mélasse dans des proportions prévues, et à la faire arriver dans l'entonnoir M, par lequel elle pénètre dans le canal D, et dans les numéros impairs. Les tubes O et S servent à expulser l'air de l'intérieur à mesure que l'eau et la mélasse remplissent les cavités des cases. L'eau arrive dans l'entonnoir du tube R par le robinet gradué à index Q. Un tube syphoïde à éprouvette porte dans le caniveau V les mélasses traitées, et permet d'en vérifier la densité lorsqu'elles ont perdu tout ou partie des sels. De même, T sert à observer la densité de l'eau lorsqu'elle s'est emparée des matières salines, et VV' sont des caniveaux ou rigoles en tôle pour l'écoulement des liquides provenant du travail. P sert à vider les compartiments à mélasse, et U remplit le même office pour les cases à eau. Enfin, l'appareil peut basculer sur sa base, à l'aide de tourillons YY, de manière à faciliter le montage et le nettoyage.

Après avoir vérifié les feuilles de parchemin, de manière à rejeter toutes celles qui présenteraient des trous ou des points faibles, on les fait tremper dans l'eau pendant un quart d'heure. On tend alors une première feuille, aussi régulièrement que possible, sur le premier cadre inférieur. Sur cette feuille on place le second cadre, puis une autre feuille, un autre cadre, et ainsi de suite jusqu'à ce que l'on ait fini le montage des cadres. On dispose alors la pièce de tête sur le dernier cadre, on serre les écrous *c*, on redresse l'appareil, et on commence à introduire les liquides.

L'eau doit être d'abord portée à l'ébullition, et la mélasse subit une sorte de clarification par une addition de 1 millième environ de carbonate de soude et d'un peu de sang, pour séparer la chaux et les écumes. On laisse déposer, pour n'envoyer dans l'appareil qu'un liquide bien décanté, le plus clair possible. Cette préparation sommaire est indispensable, pour que les cadres ne se salissent pas trop vite, et puissent fonctionner plus longtemps. On fait alors arriver les liquides par les robinets d'alimentation, de manière à maintenir dans les cadres pairs et impairs le même niveau, et de façon à éviter toute inégalité de pression. Il va sans dire que, pendant cette introduction, les robinets d'air Q et S doivent être ouverts. L'identité de l'écoulement et l'égalité de niveau doivent être maintenues jusqu'à ce que l'appareil soit rempli uniformément dans les cadres pairs et les cadres impairs, et que les liquides commencent à couler dans les tubes à éprouvette, dont les aréomètres indiquent les densités relatives et permettent de régler la marche de l'instrument.

En principe général, plus la durée de l'opération est prolongée, et plus faible est la densité de la mélasse qui sort de l'instrument. Plus la mélasse est diluée, et plus elle a perdu de sels. Ceux-ci sont passés dans l'eau, mais cette eau elle-même dissout beaucoup plus de sucre pendant un temps plus long, et la quantité du travail réel se trouve en outre notablement diminuée. Il y a donc un intérêt sérieux à régler l'introduction des liquides de manière à opérer le travail en un temps moyen expérimental, qui fournisse une purification suffisante sans donner lieu à une dilution exagérée. En

moyenne, on fait sortir la mélasse osmosée à 12° B. chaud, et l'eau à 6° B., ce qui répond à peu près à 15°B. pour la mélasse et 8° B. pour l'eau, après refroidissement. Cette réglementation est une affaire de tâtonnements.

L'eau chargée de sels est beaucoup moins foncée en couleur que la mélasse traitée, mais elle offre une saveur saline, pendant que la mélasse est devenue plus sucrée et d'un goût moins âcre.

L'usage de l'appareil de M. Dubrunfaut conduit en moyenne à une restitution de 15 kilogrammes de sucre par 100 kilogrammes de mélasse. La mélasse débarrassée d'une partie de ses sels, qui sont passés dans l'eau d'osmose est filtrée, concentrée, mise en cristallisation. On turbine au bout d'un mois. Le sirop d'égout, traité de nouveau, peut encore rendre 15 pour 100 de son poids ou 9 kilogrammes de sucre, ce qui donne un résultat total de 24 kilogrammes. Le traitement de 1,000 kilogrammes de mélasse paraît coûter environ 35 francs pour un seul traitement, c'est-à-dire pour l'obtention de 150 kilogrammes.

Quoique ce procédé ne soit en quelque façon qu'un palliatif, c'est le plus remarquable et le plus pratique de ceux qui ont été proposés jusqu'à présent, et l'osmogène a rendu à la sucrerie des services considérables.

Les mélasses, épuisées de sucre autant que possible, soit que l'on adopte ou non la méthode osmotique, sont ensuite soumises à la distillation, dans le but de transformer en alcool le sucre qui y reste engagé. Les vinasses épuisées, riches en sels alcalins, lorsqu'elles proviennent de la betterave, sont ensuite concentrées et desséchées, pour fournir un salin de potasse que l'on purifie suivant les méthodes connues, et dont on retire aujourd'hui une grande partie de carbonate du potasse employé dans les arts et l'industrie. N. BASSET.

SUIE. La suie, qui se dépose dans les cheminées et les tuyaux que traverse la fumée des combustibles végétaux, est utilisée pour préparer la couleur brune à l'eau connue sous le nom de BISTRE. On emploie aussi la suie pour effectuer la trempe en paquets de divers objets en fer, dont on veut aciérer la surface.

L'agriculteur fait grand cas de la suie, qui renferme, d'une part, de la matière azotée et, d'autre part, de la créosote, qui détruit les insectes. Répandue sur les jeunes trèfles, sur les jeunes blés à raison de 15 à 20 hectolitres par hectare, elle donne d'excellents résultats. Sur les semis de colzas, on emploie jusqu'à 50 hectolitres à l'hectare.

SUIF. On donne le nom de suif à la graisse des animaux de boucherie, contenue dans les cellules du tissu adipeux. Ces cellules sont de petits sacs membraneux à parois minces et transparentes parcourues par des vaisseaux sanguins. Si on laisse le suif naturel exposé à l'air un peu humide, ces éléments organisés qui sont mélangés avec lui, provoquent une fermentation qui altère la graisse. Aussi se hâte-t-on de le séparer de ces tissus, en profitant de sa fusibilité par la chaleur et en employant divers procédés. Le suif est, en effet, fusible vers 38 degrés.

Dans l'article consacré aux arts INSALUBRES, Grouvelle, en décrivant les dispositions adoptées par D'Arcet pour assainir les fondoirs de suif, a indiqué les divers modes d'extraction du suif que le savant chimiste a expérimentés pour séparer les graisses des membranes animales auxquelles elles adhèrent; et à l'article SAVON, M. Lormé a décrit le mode d'emploi de la vapeur surchauffée.

On a vu que l'emploi de l'acide était surtout avantageux, la fonte à l'acide donnant des suifs blancs et peu odorants, et le rendement s'élèvant de 84 à 85 p. 100 de la matière première, en chauffant à l'aide d'une injection de vapeur. Les crétons étant acides ne sont utilisés que pour engrais. Les fabricants de chandelles donnent, l'été, la préférence aux suifs extraits sans acides, ceux pour l'extraction desquels on a employé de l'acide sulfurique laissant alors suinter une matière fluide, due à l'action de l'acide sulfurique sur la matière grasse neutre.

SUINT. Matière grasse, onctueuse, très-odorante, qui provient du dégraissage des laines et qui résulte de la transpiration des moutons, dont il revêt la toison. Il renferme une quantité de potasse assez grande pour que MM. Maumené et Rogelet aient pu fonder à Reims une industrie prospère en utilisant les eaux de désuintage des laines comme source de potasse. Ils ont publié sur le suint un travail important, dont nous rapporterons les conclusions :

1° Le suint est neutre. Vauquelin et Chevreul l'avaient trouvé alcalin, mais cet effet est dû à une production de carbonate d'ammoniaque par suite d'une fermentation putride ;

2° La base des sels contenus dans le suint est la potasse, avec une très-petite quantité de chaux et de magnésie. La soude en est absente (cette dernière proposition a été contestée par plusieurs chimistes);

3° Le mélange de sels de potasse qui constitue la partie soluble du suint laisse, par la calcination, du carbonate de potasse mêlé seulement de chlorure de potassium, de sulfate, de silico-aluminate, de phosphate de potasse, d'un peu de chaux, de magnésie, d'oxydes de fer et de manganèse.

Le mélange de sels de la partie soluble du suint est appelé, pour abréger, *suintate brut*, et on donne le nom de *suintine* au mélange d'élaïérine et de stéarérine.

100 parties de laine ordinaire laissent de 10 à 20 parties de suintate sec. Les meilleures laines du Soissonnais donnent un maximum de 20 p. 100; les moins riches, comme celles de Buenos-Ayres, présentent seulement 12 et même 10 p. 100. Une toison pesant en moyenne 5 kilogrammes peut fournir en moyenne 0k,8 de suintate sec.

En faisant abstraction de la terre adhérente, on a environ :

Laine pure.	46
Élaïérine ou stéarérine. . . .	10
Suintate sec.	22
Humidité.	22
	100

La suintate laisse toujours sensiblement le même poids de salin, en moyenne 52 p. 100. La composition du salin est :

Carbonate de potasse.	86,78
Chlorure de potassium.	6,18
Sulfate de potasse	2,83
Silice, alumine, acide phosphorique, chaux, magnésie, oxydes de fer, de manganèse et de cuivre.	4,21
	100,08

SULFATES. On donne le nom de sulfates aux sels formés par l'acide sulfurique. Les sulfates métalliques sont tous complétement décomposés par une chaleur plus ou moins élevée; il résulte en général de cette décomposition un mélange d'acide sulfurique anhydre, d'acide sulfureux et d'oxygène, et un oxyde au maximum. Les sulfates alcalins sont indécomposables par la chaleur; parmi eux on doit citer le sulfate de chaux, le plâtre, si abondant dans la nature, qui fournirait au besoin tout le soufre dont l'industrie a besoin. Cette extraction, en partant de la réduction du sulfate et de sa conversion en sulfure par le charbon, constituerait une industrie souvent projetée. Les acides phosphorique, arsénique, borique et silicique en chassent par voie sèche l'acide sulfurique. Aucun acide ne les décompose par voie humide. Les sulfates neutres sont pour la plupart solubles dans l'eau, à l'exception du sulfate de plomb qui est insoluble, et les

sulfates de mercure et d'argent qui sont assez peu solubles ; ils sont en général insolubles dans l'alcool. Dans les sulfates neutres la quantité d'oxygène de l'acide est triple de la quantité d'oxygène de la base.

SULFITES. Les sulfites, sels formés par l'acide sulfureux, sont peu permanents et aisément décomposés par la chaleur ; ils sont peu solubles ; par l'exposition à l'air ils se transforment peu à peu en sulfates ; ils peuvent dissoudre beaucoup de soufre et se changer par là en hyposulfites ; beaucoup d'acides les décomposent : quand ils sont en dissolutions concentrées, les acides sulfurique et hydrochlorique en dégagent l'acide sulfureux avec effervescence. Dans les sulfites neutres la quantité d'oxygène de l'acide est double de la quantité d'oxygène de la base.

SULFURES. On donne le nom de sulfures aux combinaisons binaires dont le soufre constitue un des éléments. Les sulfures alcalins et terreux sont seuls solubles. La chaleur décompose complétement quelques sulfures métalliques, et ramène les persulfures des autres métaux à l'état minimum de sulfuration. Tous les sulfures sont décomposés par le grillage avec dégagement d'acide sulfureux et formation de sulfate ; il se produit d'autant plus de sulfate que le grillage s'opère à une température plus basse et que l'oxyde qui se forme est une base plus forte ; le grillage transforme le sulfure en oxyde pur lorsque le sulfate, qui pourrait se produire, est décomposable par la chaleur et que l'on chauffe suffisamment pour opérer cette décomposition. Lorsqu'ils sont exposés à l'air humide, ou lorsqu'on les tient constamment humectés au contact de l'air, la plupart des sulfures se décomposent peu à peu à la température ordinaire et se transforment en sulfates, sans qu'il y ait aucun dégagement d'acide sulfureux. Le chlore gazeux décompose tous les sulfures à une température plus ou moins élevée. Les sulfures métalliques sont en général moins attaquables par les acides que les métaux purs ; quand l'acide est décomposé, il se sépare du soufre et il se forme une proportion plus ou moins grande de sulfate ; quand l'eau est décomposée, il se dégage de l'hydrogène sulfuré, et il se dépose du soufre si le sulfure en contient un excès ; quelquefois l'acide et l'eau se décomposent simultanément. L'acide nitrique attaque tous les sulfures à l'aide d'une douce chaleur, et souvent même à froid, à l'exception du sulfure de mercure ; l'eau régale les décompose tous ; l'acide sulfurique n'attaque que les sulfures des métaux très oxydables, excepté le persulfure de fer et le sulfure de zinc ; l'acide hydrochlorique attaque les mêmes sulfures que le précédent et en outre ceux d'antimoine et de plomb. Les alcalis dissolvent un certain nombre de sulfures métalliques obtenus par voie humide ; ils les décomposent tous plus ou moins complétement par voie sèche. A la chaleur rouge les nitrates décomposent tous les sulfures en transformant le soufre en acide sulfurique. Les sulfures et les sulfates métalliques se décomposent en général réciproquement à une température plus ou moins élevée, en donnant lieu à un dégagement d'acide sulfureux.

Les sulfures se combinent facilement avec les combinaisons binaires du même ordre, tels que les oxydes, les séléniures, les arséniures, les chlorures, etc., pour former des composés salins que l'on désigne sous le nom de *sulfo-sels* et que l'on regarde généralement comme des sels doubles, mais qui, comme nous l'avons expliqué à l'article SOUFRE, doivent être considérés comme des sels simples. Les sulfures simples et les sulfo-sels sont très répandus dans la nature et constituent l'une des classes les plus abondantes de minerais métalliques.

On obtient les sulfures métalliques par l'un des procédés suivants, qui s'appliquent aussi aux autres sulfures : 1° par combinaison directe ; 2° en chauffant un oxyde avec du soufre ; 3° en réduisant à la chaleur rouge un oxyde par l'hydrogène sulfuré ; ou 4° par le sulfure de carbone ; ou 5° un sulfate, par l'hydrogène, l'hydrogène sulfuré ou le sulfure de carbone ; ou 6° un chlorure, par du soufre en vapeur ; 7° en réduisant un sulfate par le charbon ; 8° en chauffant au creuset brasqué un métal ou un oxyde, avec un persulfure alcalin ou un mélange de carbonate alcalin et de soufre en excès ; 9° en précipitant une dissolution métallique par l'hydrogène sulfuré ou par un sulfure alcalin.

SULFUREUX (ACIDE). *Propriétés.* Cet acide est gazeux et incolore ; son odeur, celle du soufre qui brûle, est bien connue ; elle irrite les voies respiratoires, provoque la toux. Respiré en grande quantité, cet acide resserre la poitrine, suffoque et asphyxie. Il éteint les corps en combustion et rougit la teinture de tournesol qu'il fait passer ensuite à la couleur de vin paillet.

Sa densité est 2,234. Il est indécomposable par la chaleur ; un froid de 20° au-dessous de zéro suffit pour le liquéfier, et si on le comprime, le froid ne doit pas être aussi intense. Le liquide obtenu est incolore, transparent, très volatil, bouillant à — 10°, et produit par son évaporation un froid tel qu'il fait baisser le thermomètre jusqu'à — 57°. Si la boule d'un thermomètre à mercure est entourée d'une éponge imbibée d'acide sulfureux liquide, le métal peut se congeler. M. Boutigny, d'Evreux, a découvert qu'en laissant tomber dans un creuset d'argent chauffé au bain-marie à 100° de l'acide sulfureux anhydre goutte à goutte, la solidification s'opère avec bruit. L'eau dissout 37 fois son volume d'acide sulfureux ; on obtient la dissolution au moyen de l'appareil de Woolf. La dissolution d'acide sulfureux jouit de toutes les propriétés du gaz à l'air, elle se convertit lentement en acide sulfurique. L'acide sulfureux sec ne se combine à aucune température, ni à l'oxygène pur, ni à l'oxygène de l'air ; mais avec le secours de l'humidité la combinaison a lieu.

Préparation. Dans les laboratoires on prépare l'acide sulfureux en enlevant à l'acide sulfurique une partie de son oxygène au moyen de certains métaux, tels que le mercure et le cuivre, avec l'aide de la chaleur. On obtient pour résidu du sulfate du métal employé ; cette réaction est quelquefois mise à profit dans la préparation du sulfate de cuivre.

Ce mode de préparation n'est pas mis en usage pour les besoins des arts à cause de son haut prix, quand on ne veut pas utiliser les résidus, ou de la complication amenée par la fabrication du sulfate de cuivre quand il y a utilisation des résidus. Passons donc à d'autres plus économiques et plus simples.

M. Berthier conseille de chauffer dans une petite cornue de verre un mélange de quatre parties de fleurs de soufre avec cinq parties de peroxyde de manganèse. La moitié du soufre se convertit en acide sulfureux, tandis que l'autre se combine avec le métal pour former du sulfure de manganèse.

Si on veut combiner l'acide sulfureux avec des bases en dissolution, on peut traiter l'acide sulfurique par le bois en copeaux qui agit comme désoxygénant. Il se forme donc alors de l'acide carbonique et de l'acide sulfureux, sans aucun autre résidu que de l'eau, par le contact des deux substances employées (si elles sont d'ailleurs en proportions convenables), ce qui dans la préparation d'une substance gazeuse est d'un grand avantage. Que ce soit d'ailleurs une dissolution ou une combinaison d'acide sulfureux que l'on veuille obtenir, l'acide carbonique dégagé ne nuit jamais, car il est chassé à mesure que le gaz sulfureux arrive en quantité suffisante.

On pourrait encore, pour obtenir l'acide sulfureux, traiter de l'acide sulfurique par du soufre, si ce corp

SULFUREUX (ACIDE).

ne fondait pas à une température plus élevée que celle nécessaire à la réaction, et ne rendait par là l'opération tumultueuse et difficile à régler. Dans ce mode de préparation il n'y aurait pas non plus de résidu, l'acide sulfurique cédant au soufre l'oxygène dont il a besoin pour passer à l'état d'acide sulfureux. Mais le procédé le plus simple à employer, et qu'il faut mettre en application toutes les fois qu'on le peut, consiste à faire brûler du soufre au contact de l'air. Dans plusieurs circonstances ce procédé s'applique, ainsi que nous allons le voir, avec la plus grande facilité; mais dans d'autres il est nécessaire d'avoir un courant d'acide sulfureux avec pression capable de lui faire traverser des couches plus ou moins hautes de liquides; alors le seul artifice à employer est de produire de l'acide sulfureux dans une chambre, d'où on l'aspire au moyen d'une machine quelconque, d'un ventilateur à force centrifuge par exemple, pour lui faire déprimer les liquides qu'il doit traverser. C'est ainsi qu'on peut produire très-économiquement des dissolutions d'acide sulfureux ou des sulfites dont l'emploi dans les arts et les manufactures tend à augmenter tous les jours.

L'acide sulfureux est principalement employé pour le blanchiment des matières animales, des soies et des laines par exemple, et pour le traitement de la gale; nous allons parler de ces divers emplois.

Voici le procédé pour blanchir par l'acide sulfureux. Dans une chambre disposée à cet effet, on suspend, au moyen de perches, les étoffes mouillées et on allume du soufre dans une terrine. On ferme alors la porte qu'on lute le plus exactement possible; l'acide sulfureux formé par la combustion du soufre est condensé par l'eau qui imprègne les étoffes et agit alors pour décolorer. Lorsqu'on juge l'opération terminée, on ouvre la porte pour donner issue aux vapeurs sulfureuses avant de pénétrer dans la chambre.

La disposition du soufroir est d'une grande importance; celle que nous venons d'indiquer présente plusieurs inconvénients. D'abord, pendant la combustion du soufre, de l'acide sulfureux s'échappe par les joints des croisées, s'il y en a, et il est bon qu'il y en ait au moins une pour éclairer la pièce; de plus, au moment où on ouvre la porte, l'acide sulfureux et les gaz délétères produits par la combustion s'échappent en abondance, et ces émanations nuisent non-seulement aux ouvriers employés dans l'usine, mais aussi aux habitants du voisinage.

Pour remédier à ce grave inconvénient, d'Arcet a conseillé d'établir dans le soufroir une ventilation, un renouvellement d'air suffisant pour entraîner, quand il en est besoin, tous les gaz nuisibles à la santé.

A cet effet, les châssis des croisées doivent être fixes ou clore exactement. La porte du soufroir doit aussi fermer hermétiquement, et pour cela on en garnit les joints avec des morceaux de peau de mouton couverts de leur laine ou avec des lisières de drap. Cette porte est percée à sa partie inférieure d'une petite ouverture qu'on ferme en tout ou en partie avec une petite porte à coulisse formant une véritable chatière.

A la partie supérieure du soufroir se trouve une ouverture plus grande d'un tiers que la chatière, destinée à la sortie des gaz délétères; elle est aussi fermée par une porte à coulisse ou registre qu'on peut ouvrir ou fermer à volonté au moyen d'une corde passant sur des poulies de renvoi. Cette ouverture est le commencement d'une cheminée destinée à conduire les gaz dans l'air à la plus grande élévation possible, et dans laquelle on doit entretenir un appel assez puissant par un foyer spécial dont on utilise d'ailleurs la chaleur.

Quand on veut se servir du soufroir, les tissus que l'on doit blanchir étant disposés sur des perches ou sur des cordes, on fait un peu de feu dans le fourneau d'appel; ensuite on place le soufre de manière à ce que l'acide sulfureux se répande le plus également possible dans la pièce; on allume, on ferme la porte d'entrée et la chatière, mais on ouvre le registre de la cheminée et on le referme presque entièrement lorsque le soufre est bien allumé et que la dilatation a fait sortir une certaine quantité d'air et d'acide sulfureux. Si on ne ferme pas complétement, c'est pour que de l'acide sulfureux ne s'échappe point par les joints de la porte et de la chatière, et qu'au contraire le petit appel qui se fait dans la cheminée détermine par ces mêmes joints l'entrée d'un peu d'air atmosphérique.

Lorsque le soufrage est terminé, on fait du feu dans le fourneau d'appel, on ouvre entièrement le registre et peu à peu celui de la chatière qu'on laisse enfin tout ouverte pendant le temps que l'expérience indiquera comme nécessaire; il y a alors une bonne ventilation qui enlève tout l'acide sulfureux et l'azote résidu de la combustion, et cette ventilation continue même lorsqu'on entre dans le soufroir, où on peut travailler sans être incommodé.

D'Arcet a aussi indiqué, en se fondant sur le même principe, la ventilation de plusieurs petits soufroirs accolés l'un à l'autre au moyen d'une seule cheminée d'appel, de manière qu'un des soufroirs puisse toujours être en activité.

Le mode de blanchiment des laines ou des soies par l'acide sulfureux gazeux laisse à désirer en ce sens que les matières ne sont pas également blanchies dans toutes leurs parties, et il n'est pas douteux que du jour où la dissolution d'acide sulfureux pourra être livrée à bas prix dans le commerce, on n'adopte de préférence cet agent pour y blanchir les écheveaux ou les étoffes par immersion.

Dans son action décolorante l'acide sulfureux agit par son affinité pour l'oxygène pour former de l'acide sulfurique, et les matières végétales sont soumises à cette action tout aussi bien que les matières animales, tandis que le chlore agit, lui, par son affinité, pour l'hydrogène. On avait cru longtemps qu'il était impossible de faire renaître la couleur enlevée par l'acide sulfureux; mais, il y a douze ans, M. Kuhlmann a démontré que cette opinion était erronée. Il parvint à la recoloration, et cela en employant un agent décolorant, le chlore, différant seulement dans son mode d'action. Voici une des expériences qu'il fait à l'appui de son opinion.

Dans un flacon d'acide sulfureux gazeux il plonge quelques pétales de roses qui blanchissent au bout de quelques instants; il les plonge alors dans un flacon de chlore, et la couleur reparaît pour disparaître encore si l'action du chlore est trop prolongée.

Expliquons maintenant cette curieuse expérience. L'acide sulfureux agit en enlevant de l'oxygène, le chlore en enlevant de l'hydrogène, et si l'absorption de ces deux éléments se fait en proportions convenables, les matières n'auront en définitive perdu que de l'eau, et ordinairement la perte de ce liquide ne modifie pas les couleurs des substances organiques.

Il est à remarquer que les substances qui ont été blanchies par l'acide sulfureux reprennent leur couleur à l'air, très-probablement en absorbant l'oxygène qu'elles ont perdu.

L'acide sulfureux est encore employé pour blanchir la colle de poisson, la gomme adragante, les pailles qui servent à la confection des chapeaux. Il enlève les taches de fruits et de vin sur les linges et les vêtements; si on n'a pas d'acide en dissolution à cet effet, on fait brûler du soufre sous un cornet de papier qui sert de cheminée; l'acide sulfureux s'échappe par le sommet ouvert du cornet où on a placé la partie de l'étoffe tachée. On peut avec des fumigations sulfureuses assainir les lazarets, les vaisseaux où se dégagent les miasmes pestilentiels, désinfecter les hardes, matelas, couvertures

SULFUREUX (ACIDE).

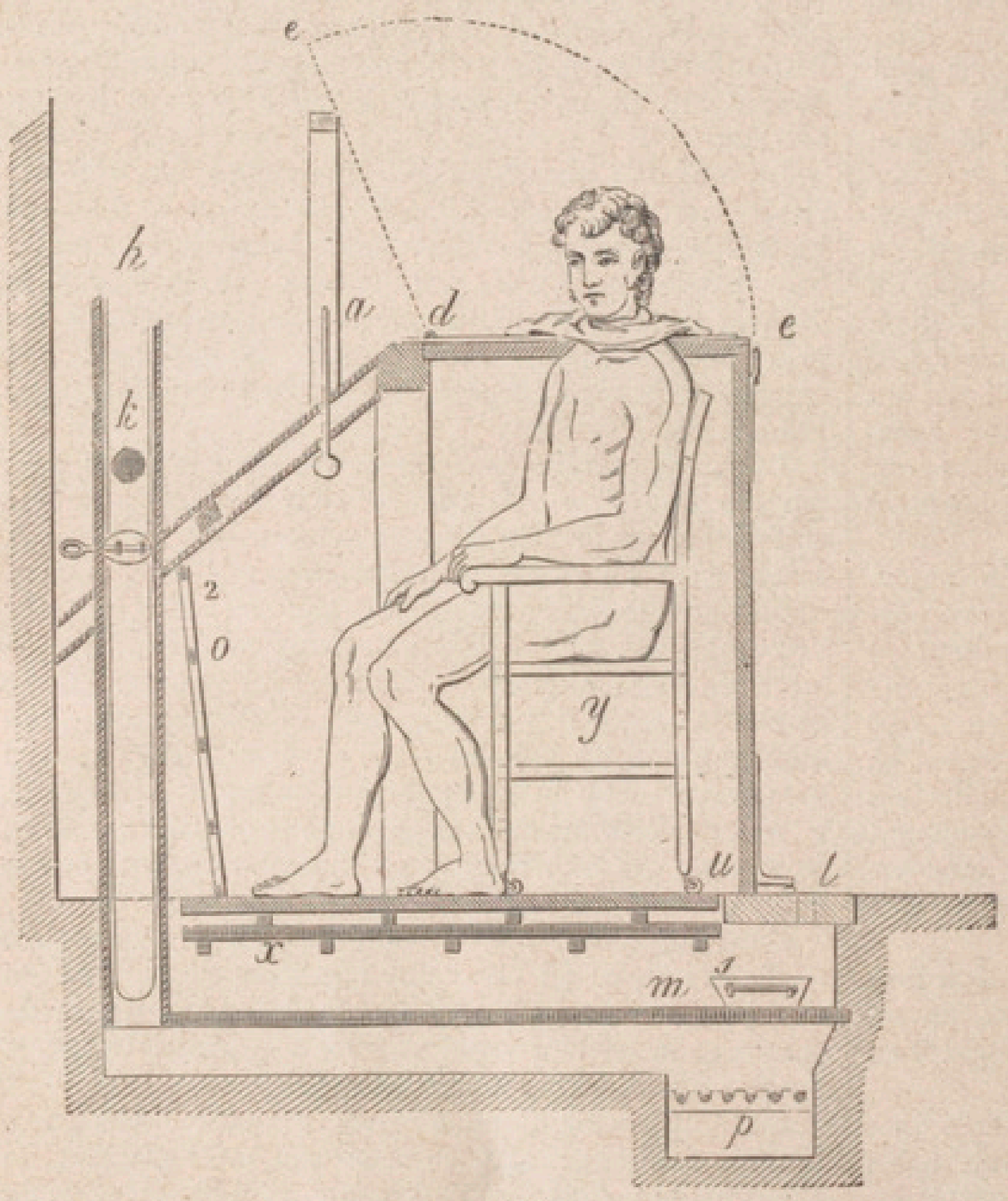
de malades infectés, de galeux, etc. C'est avec de l'acide sulfureux qu'on empêche la fermentation acide des liquides alcooliques, tels que le vin, la bière. On se contentait autrefois de placer le moût de vin dans des tonneaux où on avait auparavant brûlé des mèches soufrées; aujourd'hui on y verse du sulfite de chaux en poudre qui est décomposé par l'acide tartrique du vin; l'acide sulfureux mis en liberté reste en dissolution et du tartrate de chaux insoluble se précipite, se dépose.

C'est encore avec l'acide sulfureux qu'on parvient quelquefois à éteindre les feux de cheminée qui ne sont pas très violents et qu'on prend au début. On projette sur le foyer une assez grande quantité de fleurs de soufre. L'explication de ce fait est facile à donner. En projetant du soufre en fleur autant que possible sur le combustible, il se forme par la combinaison du soufre avec l'oxygène de l'air qui alimente le foyer, de l'acide sulfureux qui monte dans la cheminée et se trouve en contact avec les corps enflammés, auxquels il ne peut nécessairement fournir d'oxygène, élément nécessaire de leur combustion.

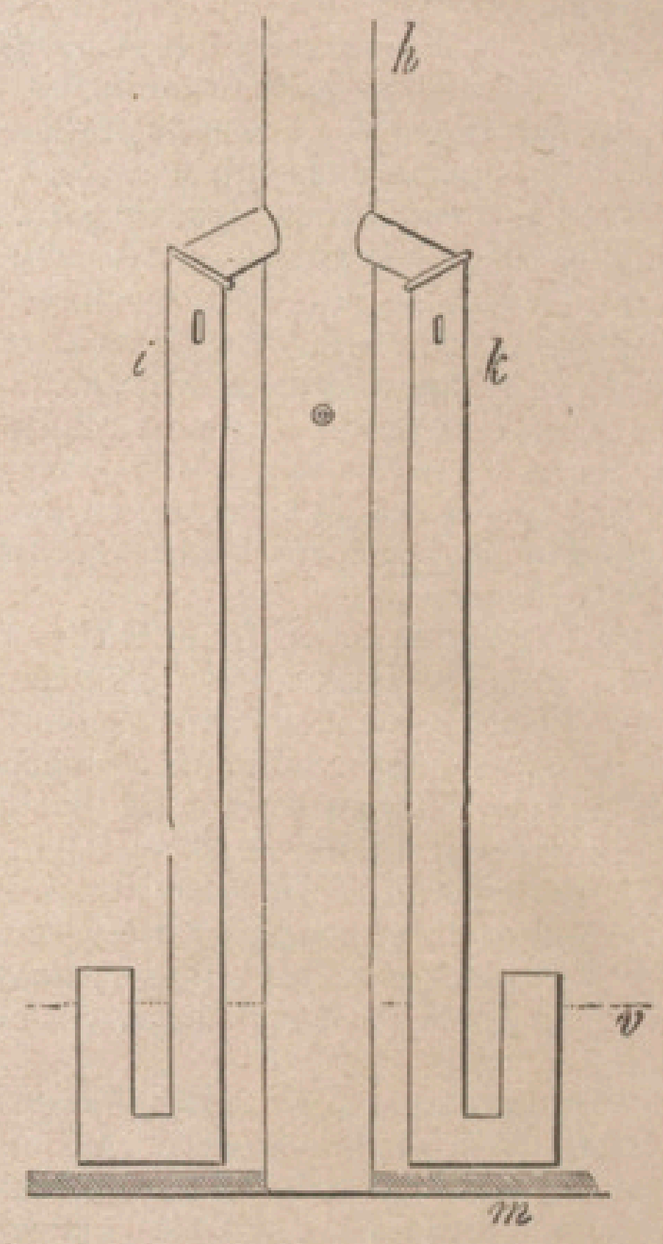
Bien que dès 1657 Glauber eût indiqué l'efficacité de l'acide sulfureux contre la gale, avant M. Galès en 1813 aucun essai n'avait été fait pour appliquer cette idée. Les procédés imparfaits et incommodes ont été perfectionnés si heureusement par d'Arcet, qu'aujourd'hui ils ne laissent plus rien à désirer sous le rapport de la simplicité et de l'économie, et ils sont actuellement adoptés dans tous les hôpitaux pour le traitement des maladies de la peau. Terme moyen dix fumigations suffisent pour le traitement d'une gale simple, et dans l'appareil pour un malade seul, chacune des fumigations ne revient qu'à 5 centimes, savoir 1 cent. pour le soufre et 4 pour le combustible, de sorte que le traitement complet ne revient qu'à 50 centimes, et si l'appareil était à 12 places, chaque fumigation ne coûterait que 4 centimes par personne.

Les appareils de d'Arcet sont ingénieux; nous ne donnerons une idée que de celui pour un malade seul.

Il se compose d'une boîte en bois dans laquelle on fait entrer le malade, après avoir élevé la température de l'appareil à un degré convenable. A cet effet on a allumé le feu d'un foyer *p* (fig. 2390), surmonté d'une plaque de fonte *m m*, parallèle au sol de la chambre; la fumée de ce foyer passe par la cheminée *h*. Le malade pose sur un plancher en bois de chêne, soutenu par des barres de fer reposant elles-mêmes sur une plaque en fonte *x*, de manière que le plancher de bois étant séparé du plancher de fonte par un courant d'air, le feu ne peut pas prendre et le malade n'éprouve pas une chaleur trop forte. Ce double plancher ne touche d'aucun côté aux parois de la chambre et laisse ainsi passage à l'air chauffé par les plaques *m*. En *o* se trouve



2390.



2391.

une claie en bois à mailles serrées, placée parallèlement à la cheminée *h*, pour en éloigner les pieds du malade qui pourraient se brûler par le contact. La figure représente une coupe de l'appareil fumigatoire.

Quand le malade est entré dans la boîte, on ferme la porte visible dans la figure en *eu*, on baisse le couvercle horizontal jusqu'alors levé en *de*, de manière à faire passer la tête du malade à travers; on fait entourer le cou avec une serviette qui ferme ainsi l'espace restant entre le cou du malade et les bords du trou.

En *a* est représenté un thermomètre dont la boule est dans l'appareil et l'échelle au dehors, afin que le malade, placé dans la boîte, puisse voir à quelle température son corps est exposé. Dans la cheminée du foyer *h* viennent se rendre de chaque côté deux tuyaux d'appel représentés en *i, k* (fig. 2391). Ces tuyaux d'appel se terminent par un double coude dans l'intérieur de la boîte et un peu au-dessus du double plancher. La partie

horizontale de ces tuyaux d'appel posé sur la plaque de fonte qui élève leur température et détermine ainsi un tirage au moment où commence la fumigation. Ces tuyaux d'appel sont munis de clefs qu'on peut ouvrir ou fermer à volonté.

Alors on ouvre les clefs des tuyaux d'appel assez pour que le vide, qu'ils produisent dans la boîte, n'attire que peu d'air extérieur ; puis on introduit le soufre par le trou *l* (il y en a deux semblables) dont on enlève le tampon. Par la combustion du soufre il se produit de l'acide sulfureux qui, entrant dans la boîte par les intervalles du plancher et des parois, circule autour du malade, et, gagnant la partie inférieure de la boîte, entre dans les tuyaux pour être jeté au dehors avec la fumée du foyer.

On peut d'ailleurs, au moyen de cette boîte, donner toute autre fumigation avec de légères modifications pour l'introduction et la volatilisation des substances.

Si on veut que la fumigation soit d'acide sulfureux, saturé de vapeur d'eau, on place, sous une des ouvertures, munie d'un tampon à entonnoir, une caisse en tôle *s*, dans laquelle, chauffée convenablement, on laisse tomber goutte à goutte de l'eau qui se réduit en vapeur et produit l'effet demandé.

Lorsque le malade doit sortir de la boîte, il faut que l'acide sulfureux ne se répande pas dans la chambre ; pour cela on ouvre les deux trous *l* de même que les clefs des tuyaux d'appel, et on ferme celle *t* de la cheminée, de sorte que l'acide sulfureux s'échappe avec l'air qui entre dans la boîte, et bientôt il ne reste plus que de l'air pur.

SULFURIQUE (ACIDE). Basile Valentin, alchimiste allemand, qui vivait au XVme siècle, a découvert, on le pense du moins, l'acide sulfurique en traitant le sulfate de fer par la chaleur.

Nous avons à étudier l'acide sulfurique à divers états, tant pour ses propriétés que pour sa préparation.

Propriétés. — 1° *De l'acide anhydre.* L'acide sulfurique n'a pas toujours l'apparence qu'on lui connaît généralement ; on peut l'obtenir sans eau : c'est alors l'acide sec, anhydre, solide à la température ordinaire, cristallisé en aiguilles blanches, soyeuses, rayonnant d'un même centre, semblables à des fils d'amiante, ayant une grande affinité pour l'eau qu'il enlève à l'air en donnant lieu à d'épaisses vapeurs ; aussi faut-il le conserver dans des tubes de verre scellés à la lampe. Il fond à 25 degrés et se vaporise presque aussitôt. Si on verse quelques gouttes de cet acide dans de l'eau, chacune d'elles produit l'effet d'un fer rouge. Il paraît que cet acide anhydre, dissolvant beaucoup mieux l'indigo que l'acide ordinaire et même celui de Nordhausen, est quelquefois employé pour obtenir une dissolution sulfurique d'indigo renfermant le moins d'acide possible. L'acide étendu d'eau ne bout plus vers 25 degrés, la température d'ébullition augmente et peut monter jusqu'à 310 degrés pour une certaine quantité d'eau. Il y a entre l'acide et l'eau une véritable combinaison chimique qui constitue l'acide sulfurique ordinaire, qu'on nomme pour cela *acide sulfurique hydraté ;* c'est l'acide du commerce.

2° *De l'acide ordinaire.* Liquide, il est oléagineux, inodore et incolore lorsqu'il est pur, très caustique, désorganisant rapidement toutes les matières organiques. Une goutte suffit pour rougir une grande quantité de tournesol. La chaleur le décompose en eau, en oxygène et en acide sulfureux. Il ne fume pas à l'air, mais il en attire l'humidité ; si le contact de l'atmosphère saturée est assez prolongé, si on a soin de mêler de temps en temps les diverses couches du liquide, il peut absorber jusqu'à 15 fois son poids d'eau ; en même temps il se colore et devient brun. Cette coloration provient de la décomposition des poussières organiques, toujours en suspension dans l'atmosphère qu'il charbonne fortement. Cette décomposition est due à la grande affinité de l'acide pour l'eau dont il s'empare en déterminant sa formation par la combinaison de ses éléments, oxygène et hydrogène, qui se trouvent dans ces substances, et le carbone mis à nu colore ce liquide. C'est là son mode général d'action sur toutes les matières organisées ; on le voit en plongeant quelques petits morceaux de bois dans une certaine quantité d'acide. Il faut donc conserver l'acide sulfurique dans des flacons bouchés à l'émeri.

L'acide coloré et étendu de l'eau qu'il a absorbée peut être ramené à son état primitif par l'action de la chaleur ; les acides sulfureux et carbonique qui se forment alors par l'action désoxygénante du carbone sur l'acide sulfurique, se volatilisent ainsi que l'eau, et lorsque des vapeurs blanches apparaissent l'opération est terminée.

L'acide sulfurique est composé de :

1 at. soufre.	201,16	ou 40,14
3 at. oxygène. . . .	300,00	59,86
	501,16	100,00

L'acide sulfurique du commerce le plus concentré, contient encore 18,32 d'eau p. 100 ; il marque alors 66 degrés à l'aréomètre de Baumé, et sa densité est 1,848. On peut donc dire qu'il renferme :

1 at. acide sulfurique sec.	501,16	ou 81,68
2 at. eau.	112,48	18,32
	613,64	100,00

Il ne peut se congeler qu'à 10 ou 12 degrés au-dessous de zéro ; mais s'il est légèrement étendu, sa congélation peut se produire à zéro, et même à 4 ou 5 degrés au-dessus il produit des cristaux transparents. Versé en petit filet dans l'eau, il la traverse en se rendant à la partie inférieure du vase à cause de sa densité ; mais si on agite, il y a un grand dégagement de chaleur proportionnel à la quantité d'acide employé. Si l'on mêle 25 parties d'eau et 500 p. d'acide sulfurique, la température s'élève jusqu'à 105°. Si le mélange est fait à parties égales, la température n'est que de 95°. D'après cela, on ne sera pas surpris que Lavoisier et Laplace aient trouvé qu'il se produit, en mêlant 734 parties d'eau et 979 d'acide ordinaire, assez de chaleur pour fondre 1.529 parties de glace.

Pour opérer un mélange d'acide sulfurique et d'eau, on est obligé de prendre des précautions, car le vase, s'il est de verre, casse par suite de l'élévation subite de température, ou bien une portion du liquide peut être projetée.

Il ne faut jamais verser l'eau dans l'acide, mais ce dernier par portions dans l'eau, et avoir soin de remuer le mélange après chaque addition, et, autant que possible, ne pas faire le mélange dans un vase de verre ou de grès.

L'acide sulfurique détermine par son affinité pour l'eau, la fusion de la glace ou de la neige avec laquelle il est mis en contact, et il peut y avoir, d'après les proportions des deux corps employés, dégagement de chaleur ou production de froid.

Ces résultats divers s'expliquent facilement ; la fusion de la glace ne peut s'opérer sans l'absorption d'une certaine quantité de chaleur ; la combinaison de l'acide et de l'eau provenant de la fusion dégage, au contraire, une certaine quantité de calorique ; suivant donc que la première quantité sera plus petite ou plus grande que la seconde, il y aura production de chaleur ou de froid.

Si l'acide sulfurique à 66° est étendu d'eau, on ne peut pas juger de la quantité d'eau introduite par le pèse-acide, car il n'y a pas ici simple mélange, mais véritable combinaison entre les corps. Des tables ont été dressées pour apprécier les quantités d'eau mélangées d'après les degrés marqués par l'aréomètre. Pour connaître la véritable richesse de l'acide sulfurique du

commerce, il faut chercher la quantité de base qu'il sature, son degré acidimétrique, 100 parties d'acide à 66, saturant exactement 173,55 de carbonate de soude pur et sec. C'est au degré acidimétrique qu'il faudrait l'acheter; mais ce mode n'est pas adopté, la constatation du degré aréométrique étant bien plus simple que celle du degré acidimétrique, et atteignant très bien généralement le but du commerce, car la fraude ne serait possible que par une falsification que rendrait illusoire le bas prix de l'acide, à défaut de la probité des fabricants qui, heureusement, est très rarement suspectée. L'utilité des tables est donc indispensable; nous allons donner la plus usitée :

Degrés de l'aréomètre de Baumé.	DENSITÉ de l'acide, l'eau étant = 1.	QUANTITÉS d'acide sulfurique hydraté ordinaire pour 100.	QUANTITÉS d'eau pour 100	NOM de l'observateur
66	1,842	100	0	Vauquelin.
60	1,725	84,22	15,78	» »
60	1,717	82,34	17,66	D'Arcet.
55	1,618	74,32	25,68	Vauquelin.
55	1,618	74,32	25,68	D'Arcet.
54	1,613	72,70	27,30	id.
53	1,586	71,17	28,83	id.
52	1,566	69,30	30,70	id.
51	1,550	68,30	31,70	id.
50	1,532	66,45	33,55	id.
50	1,524	66,45	33,55	Vauquelin.
49	1,515	64,37	35,63	D'Arcet.
48	1,500	62,80	37,20	id.
47	1,482	61,32	38,68	id.
46	1,466	59,85	40,15	id.
45	1,454	58,02	41,98	id.
45	1,466	58,02	41,98	Vauquelin.
40	1,375	50,41	49,59	id.
35	1,315	43,21	66,79	id.
30	1,260	36,52	63,48	id.
25	1,210	30,12	69,88	id.
20	1,162	24,01	75,99	id.
15	1,114	17,39	82,61	id.
10	1,076	11,73	88,27	id.
6	1,023	6,60	93.40	id-

L'acide sulfurique ordinaire, c'est-à-dire l'acide hydraté, peut se combiner avec diverses quantités d'eau. A mesure que la densité diminue, son point d'ébullition s'abaisse de même successivement. Par l'ébullition de l'acide hydraté étendu d'eau, de l'eau se dégage, et l'acide reste jusqu'à ce qu'il soit arrivé au point de 310°.

La table ci-après montre les divers points d'ébullition de l'acide ordinaire étendu d'eau.

L'acide hydraté peut également dissoudre l'acide anhydre, et alors sa densité augmente et son point d'ébullition s'abaisse rapidement; mais sa densité n'arrive jamais à 1,97, et son point d'ébullition ne descend pas non plus à 25° C.

3° *De l'acide de Nordhausen*. Il existe une variété d'acide sulfurique connu sous le nom d'acide sulfurique *fumant* ou *glacial* de Nordhausen (du nom de la ville d'Allemagne où on le prépare). Il renferme de l'acide anhydre, de l'acide ordinaire et de l'acide sulfureux. Ses propriétés tiendraient le milieu entre celles des deux acides déjà étudiés, s'il ne contenait pas d'acide sulfureux; chauffé, il perd l'acide anhydre, l'acide sulfureux, et reste à l'état d'acide ordinaire. C'est à la volatilisation de l'acide anhydre qu'il contient qu'il faut attribuer les vapeurs blanches qu'il exhale. Cet acide est employé dans les arts spécialement pour dissoudre l'indigo, avec lequel on veut teindre la laine en bleu de Saxe.

SULFURIQUE (ACIDE).

DENSITÉ.	POINT d'ébullition.	DENSITE.	POINT d'ébullition.
1,852	327° centigr.	1,769	217° centigr.
1,849	318 —	1,759	212 —
1,848	310 —	1,744	204 —
1,847	301 —	1,730	198 —
1,845	293 —	1,715	194 —
1,842	284 —	1,699	190 —
1,838	277 —	1,684	186 —
1,833	268 —	1,670	182 —
1,827	260 —	1,650	177 —
1,819	253 —	1,520	143 —
1,810	255 —	1,408	127 —
1,801	240 —	1,30	116 —
1,791	230 —	1,20	107 —
1,780	224 —	1,10	103 —

Préparation de l'acide sulfurique. Nous commencerons par la préparation de l'acide ordinaire. Il y a bien loin du procédé suivi aujourd'hui à celui employé par les premiers chimistes qui ont observé l'acide sulfurique. Nous avons déjà vu qu'ils l'obtenaient en traitant par la chaleur le sulfate de fer; de là le nom d'*huile de vitriol*, et même de *vitriol*, nom usité encore quelquefois aujourd'hui. Plus tard, on s'aperçut que la combustion du soufre dans des cloches humides fournissait aussi cet acide, et on le prépara par ce nouveau procédé, en le désignant sous le nom d'*oleum sulphuris per campanam*. Lefèvre et Lemery imaginèrent de favoriser la combustion en ajoutant au soufre du nitrate de potasse, ils obtinrent un résultat bien plus avantageux; et longtemps on suivit cette indication, en opérant la combustion dans de grands ballons de verre humides. Enfin, on substitua les chambres de plomb à ces capacités de verre, et dès ce moment l'acide sulfurique put être fabriqué en assez grande quantité, et livré à assez bas prix pour rendre de grands services à tous les arts chimiques.

C'est encore aujourd'hui avec du soufre et du nitrate, ou du moins avec sa partie essentielle, l'acide nitrique, que se fabrique l'acide sulfurique ordinaire, et on peut dire que cette fabrication a été aussi perfectionnée que possible, et que la pratique a devancé la théorie, car c'est tout au plus si on est bien fixé sur les diverses réactions auxquelles donnent lieu les corps mis en présence. C'est Clément Désormes qui a mis sur la voie.

Si dans un ballon d'une certaine capacité, et dont les parois sont humides on fait arriver par deux tubes adaptés au bouchon de l'acide sulfureux et du deutoxyde d'azote, ce dernier gaz, trouvant de l'air dans le ballon, passe à l'état d'acide hypo-nitrique, ainsi que l'indiquent les vapeurs rutilantes; au bout d'un certain temps, il se dépose sur les parois du ballon des cristaux blancs, formés, selon Clément, d'acide sulfurique, d'acide hypo-nitrique et d'eau. En faisant arriver de la vapeur d'eau dans le ballon, les cristaux se dissolvent, l'eau se charge d'acide sulfurique, et il se dégage du deutoxyde d'azote qui repasse à l'état d'acide hypo-nitrique pour recommencer avec l'acide sulfureux, qu'on introduit de nouveau, la réaction de tout à l'heure.

Plus tard, Berzélius a annoncé que les cristaux se composaient d'acide sulfurique, d'acide nitreux et d'eau, et on a vu qu'on pouvait très bien, en pratique, substituer l'acide nitrique à l'acide hypo-nitrique, et originairement au deutoxyde d'azote. Dans cette manière de raisonner, l'acide nitrique céderait à l'acide sulfureux une partie de son oxygène; de là de l'acide nitreux. L'intervention de l'eau venant séparer l'acide sulfuri-

que, l'acide nitreux mis en liberté, et ne pouvant exister à l'état d'isolement, se décompose instantanément en acide nitrique et en deutoxyde d'azote, qui au contact de l'air passe à l'état d'acide hypo-nitrique qui, sous l'influence de l'eau, redevient acide nitrique. L'acide sulfureux agit incessamment et exclusivement sur l'acide nitrique, constamment régénéré dans les diverses phases de l'opération.

La composition des cristaux que nous venons d'indiquer est loin d'être admise par tous les chimistes. M. Péligot prétend, lui, qu'il n'y a pas formation de cristaux. Il fait remarquer qu'en pratique les cristaux ne se forment jamais quand les chambres fonctionnent avec régularité ; ils ne sont qu'un accident de la fabrication, accident très rare aujourd'hui par suite des perfectionnements. Il propose la théorie suivante, qui lui semble expliquer d'une manière satisfaisante et simple tous les phénomènes qui se passent réellement dans la fabrication de l'acide sulfurique. Elle repose sur les faits suivants :

1° L'acide sulfureux décompose l'acide nitrique. Le premier se transforme en acide sulfurique et le second en acide hypo-nitrique ;

2° L'eau change ce dernier acide en acide nitrique et en acide nitreux ;

3° L'acide nitreux, sous l'influence d'une quantité d'eau d'autant plus grande, devient à son tour de l'acide nitrique et du bi-oxyde d'azote ;

4° Ce bi-oxyde d'azote, en contact avec l'air atmosphérique, reproduit de l'acide hypo-nitrique, que l'eau transforme en acides nitreux et nitrique.

Ces réactions excluent l'intervention d'aucun composé cristallin ; elles sont nettement représentées par les formules suivantes :

$$Az\,O^5, Aq\,(1) + S\,O^2 = S\,O^3, Aq + Az\,O^4$$
$$2\,Az\,O^4 + Aq = Az\,O^3 + Az\,O^5, Aq$$
$$3\,Az\,O^3 + Aq = 2\,Az\,O^2 + Az\,O^5, Aq$$
$$Az\,O^2 + 2\,O = Az\,O^4 + \text{etc.}$$

M. Baudrimont n'admet pas que l'acide hypo-nitrique soit un produit nécessaire de l'action de l'acide sulfureux en excès sur l'acide nitrique. Il dit que, si les cristaux ne se forment pas dans les chambres de plomb, comme on l'a reconnu généralement, le composé des cristaux peut exister un instant à l'état moléculaire, les molécules étant détruites avant d'avoir pu s'aggréger alors ce n'est plus simplement l'acide sulfureux qui enlève de l'oxygène à l'acide nitrique pour devenir de l'acide sulfurique, ce sont leurs éléments qui s'unissent d'abord et produisent un composé qui se détruit par la présence de l'eau et donne naissance à de l'acide sulfurique et à de l'acide nitreux. Cette explication de la formation de l'acide sulfurique conduit même directement à faire admettre que les cristaux ont la composition trouvée par M. Laprovostaye, à cela près qu'ils ne sont pas anhydres.

En effet $Az\,O^5 + H^2O + 2\,SO^2 = 2\,SO^3\,Az\,O^3\,H^2O$

ou plutôt $= \begin{cases} SO^4\,H^2 \\ SO^4\,Az\,O^2 \end{cases}$ c'est ce composé qui sous l'influence de l'eau produit de l'acide sulfurique et de l'acide nitreux.

$$\left.\begin{matrix} SO^4\,H^2 \\ SO^4\,Az\,O^2 \end{matrix}\right\} + Aq = 2\,SO^3\,H^2\,O + Az\,O^3 + Aq$$

Tout récemment M. Barreswil est venu formuler une nouvelle opinion sur la théorie de la préparation de l'acide sulfurique. Il y a été conduit par suite de la découverte d'un nouvel acide d'azote auquel il donne le nom d'acide pernitreux. Cet acide correspond à l'acide hypermanganique.

En partant des faits signalés par l'auteur, on peut

(1) Aq indique une quantité d'eau indéterminée.

établir les propositions suivantes qui sont d'une importance incontestable dans la théorie de la préparation de l'acide sulfurique :

1° Le bioxyde d'azote et l'acide sulfureux, au contact de l'air, s'unissent pour former le composé $S\,O^3, Az\,O^2$, combinaison de l'acide sulfurique et de l'acide nitreux.

2° Ce composé très instable se décompose dans l'eau, suivant les proportions du véhicule, soit en acide hypo-nitrique et en deutoxyde d'azote, soit en acide nitrique et en deutoxyde d'azote, ou bien en acide pernitreux et en deutoxyde d'azote.

3° L'acide hypo-nitrique avec l'acide sulfureux régénère la combinaison de l'acide sulfurique et de l'acide nitreux, et par conséquent le bioxyde d'azote.

4° L'acide nitrique forme, avec le bioxyde d'azote l'acide pernitreux qui, avec l'acide sulfureux, produit finalement du deutoxyde d'azote et de l'acide sulfurique.

Ainsi l'absorption de l'oxygène par l'acide sulfureux dépend non d'une oxydation directe, mais d'une part de la formation et de la décomposition successive d'un composé $S\,O^3\,Az\,O^3$, d'autre part de la réaction du bioxyde sur l'air et de celle de ce gaz et de l'acide nitreux sur l'acide nitrique.

En partant de ces faits, M. Barreswil croit pouvoir non pas remplacer mais résumer les trois principales théories qui ont été émises sur la fabrication de l'acide sulfurique ; avec les partisans de la première il admet la formation d'un composé instable ; seulement, comme M. Baudrimont, il ne croit pas nécessaire que ce composé existe à l'état cristallin ; il peut tout aussi bien être en dissolution dans l'acide sulfurique qu'on introduit à dessein dans la fabrication, ou exister éphémèrement en suspension dans l'atmosphère des chambres. Il admet avec M. Berzélius la nécessité de la formation d'un corps très oxydant, seulement il croit que ce composé est l'acide hypo-nitrique et ne peut être l'acide nitreux. Enfin avec M. Péligot il convient que la formation d'acide nitrique est un résultat nécessaire, mais il conteste que cet acide soit directement attaqué par l'acide sulfureux, et croit qu'il n'est réduit que parce qu'il est préalablement décomposé par le deutoxyde d'azote, avec lequel il forme soit l'acide pernitreux, soit l'acide nitreux, qui sont les seuls oxydants.

Quelle que soit la manière de voir qu'on adopte, le résultat est toujours le même et la théorie de la préparation s'explique très bien aujourd'hui. Seulement nous croyons devoir faire une observation.

Il semblerait possible, d'après la théorie, qu'une certaine quantité d'acide nitrique pourrait agir indéfiniment sur l'acide sulfureux sans être renouvelée ; mais il n'en est pas ainsi : l'air qui a servi à la combustion du soufre contient toujours beaucoup d'azote qui ne joue aucun rôle dans les diverses réactions, azote qu'on est obligé d'expulser et qui entraîne une grande quantité de vapeurs rutilantes ; il paraît même qu'une fois les gaz *nitreux* arrivés à l'état de bioxyde d'azote, il en est une portion qui passe à l'état de protoxyde, gaz tout à fait inerte.

Aussi il est important d'employer les gaz nitreux à l'état le plus avancé d'oxydation afin qu'ils arrivent le plus tard possible à l'état de bioxyde d'azote ; on a essayé d'introduire directement le bioxyde d'azote dans les chambres, comme la théorie semblait le permettre ; mais on a obtenu un rendement bien inférieur à celui qu'on obtient en employant l'acide nitrique.

L'appareil que l'on emploie généralement aujourd'hui pour préparer l'acide sulfurique se compose de plusieurs chambres en plomb rectangulaires placées l'une à la suite de l'autre, avec les accessoires, comme le four à soufre, les chaudières à vapeur, etc. Nous allons d'ailleurs donner un détail sommaire de cet appareil à l'aide d'un dessin.

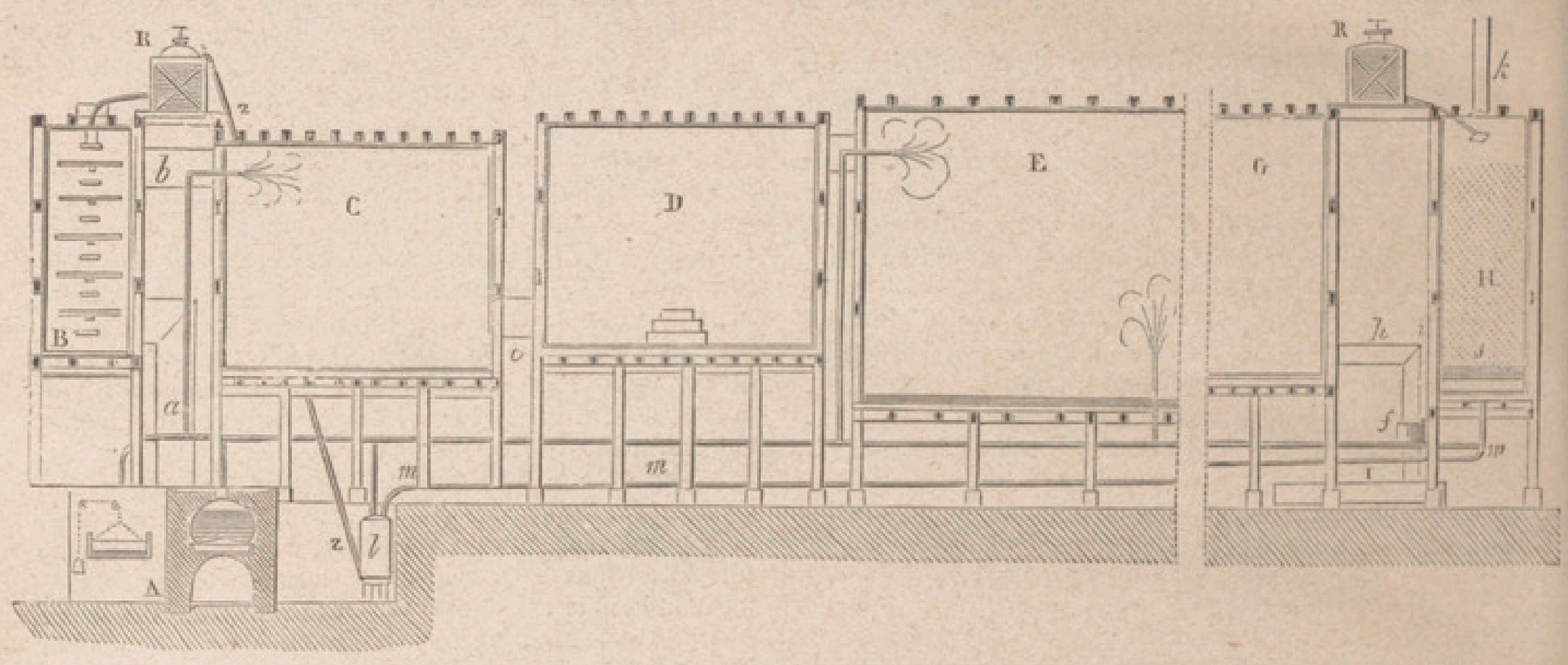
La fig. 2392 est la coupe générale

En A se trouvent les fours à brûler le soufre, dont la fig. 2394 représente une coupe transversale, dans la disposition adoptée pour l'utilisation de la chaleur, provenant de la combustion du soufre, à la préparation de la vapeur d'eau nécessaire à la réaction. Alors on emploie deux fours accolés. Dans la fig. 2392 l'un de ces fours est vu de face; l'autre est vu en coupe. Leur cheminée commune *a*, conduit l'acide sulfureux dans un petit tambour de plomb B, à la partie supérieure duquel arrive de l'acide sulfurique, qui s'écoule d'une manière continue en sortant du vase R (vase de Mariotte, dont nous dirons quelques mots tout à l'heure). Ce vase R est alimenté par un vase *l*, recevant de l'acide riche en gaz nitreux. Ce vase *l* a la disposition d'un monte-jus, c'est-à-dire que la vapeur, par la pression qu'elle exerce à la surface du vase, chasse l'acide par le tube *z*, *z*. Cet acide arrive dans le vase *l* par le tuyau *m m m*, et

SULFURIQUE (ACIDE).

trique au moyen d'un tuyau ou siphon pénétrant dans la chambre et communiquant extérieurement avec un vase contenant de l'acide nitrique, de manière à en faire arriver dans la chambre une quantité plus ou moins grande suivant la convenance. Cette série de vases peut être remplacée par une pièce en grès représentant un petit château d'eau.

L'acide sulfurique produit dans ce deuxième tambour se rend dans le premier au moyen d'un petit tuyau non indiqué dans la figure, pour que là, sous l'influence d'un grand excès d'acide sulfureux, les composés nitreux en dissolution soient volatilisés et servent aussi à la formation d'acide sulfurique. De là le nom de dénitrificateur donné au premier tambour qui, lui, envoie, ainsi que les autres petites chambres G et F (voir figure 2396) son acide dans la chambre principale E où se passent la plupart des phénomènes de la formation



2392.

provient d'un appareil H dont nous parlerons plus tard.

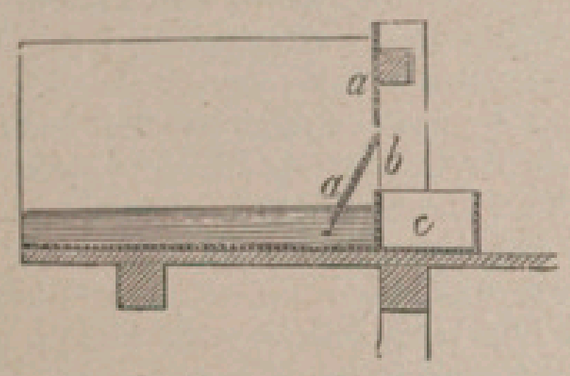
L'acide sulfureux sortant du four par la cheminée *a*, se trouve donc en contact dans le vase B avec de l'acide sulfurique, auquel il enlève des vapeurs nitreuses, vapeurs qui vont servir à la fabrication de l'acide sulfurique. La cheminée *a* doit être haute d'au moins 7 mètres, pour donner au gaz sulfureux une force ascensionnelle assez grande pour vaincre la résistance d'un long parcours. Après avoir parcouru le vase B dans toute sa hauteur, l'acide sulfureux sort par le tuyau *b*, qui est de fonte, pour se rendre, avec l'air qui n'a pas servi à la combustion du soufre, dans une première chambre ou tambour C, d'une capacité de 90 à 100 mètres cubes. Dans plusieurs usines, l'acide sulfureux arrive directement dans cette première chambre C sans passer par l'appareil B. Ce premier tambour C est assez souvent appelé dénitrificateur; nous verrons tout à l'heure pourquoi. Un tuyau partant des chaudières lance de la vapeur dans la partie supérieure du tuyau de fonte précisément à l'endroit où il débouche dans le tambour C, pour que l'acide sulfureux se trouve dès son entrée dans les conditions nécessaires à la réaction. Les gaz se rendent ensuite au moyen du tube *c* dans le second tambour ayant les mêmes dimensions que le premier. C'est dans cette deuxième chambre que se trouve l'acide nitrique nécessaire à la production de l'acide sulfurique. Une série de vases de grès ou capsules est placée en manière de cascade, se déversant l'une dans l'autre et présentant une large surface de contact à l'acide sulfureux et à l'air qui arrivent incessamment dans le deuxième tambour. Ces vases de grès sont alimentés d'acide nitrique au moyen d'un tuyau *d*, et communique au moyen du tuyau *e* avec le premier tambour en queue F; les gaz circulent dans une caisse en plomb (non représentée dans la figure), à chicanes verticales, faisant fonction de condenseur, d'où ils se rendent dans le dernier tambour en queue G. Ces deux dernières petites chambres, où se terminent les réactions, servent à utiliser les gaz non combinés et à condenser les dernières parties de l'acide sulfurique. Certains fabricants ont même adopté dernièrement trois chambres de queue.

En sortant du dernier tambour G, les gaz circulent encore dans un réfrigérant I qui condense les dernières traces d'acide sulfurique, et ils se rendent enfin dans un appareil H destiné à retenir et à absorber le plus possible de vapeurs nitreuses.

Cet appareil, de l'invention de M. Gay-Lussac, se compose, comme l'indique la figure, d'un cylindre ou tambour en plomb contenant des fragments de coke retenus par un diaphragme *s* (fig. 2392); sur ce coke tombe en filet constant de l'acide poussé jusqu'à environ 60° de concentration parce qu'il est alors plus propre à absorber les vapeurs nitreuses; cet acide est fourni par le réservoir de Mariotte R' qui l'amène dans un vase oscillatoire à double poche, dont chaque poche bascule, tandis que l'autre se remplit. De cette manière l'acide se répartit plus uniformément sur le coke et se trouve dans une condition plus favorable pour la condensation des gaz nitreux. C'est à cet acide sulfurique que l'acide sulfureux enlève les gaz nitreux en le rencontrant dans l'appareil B de tout à l'heure

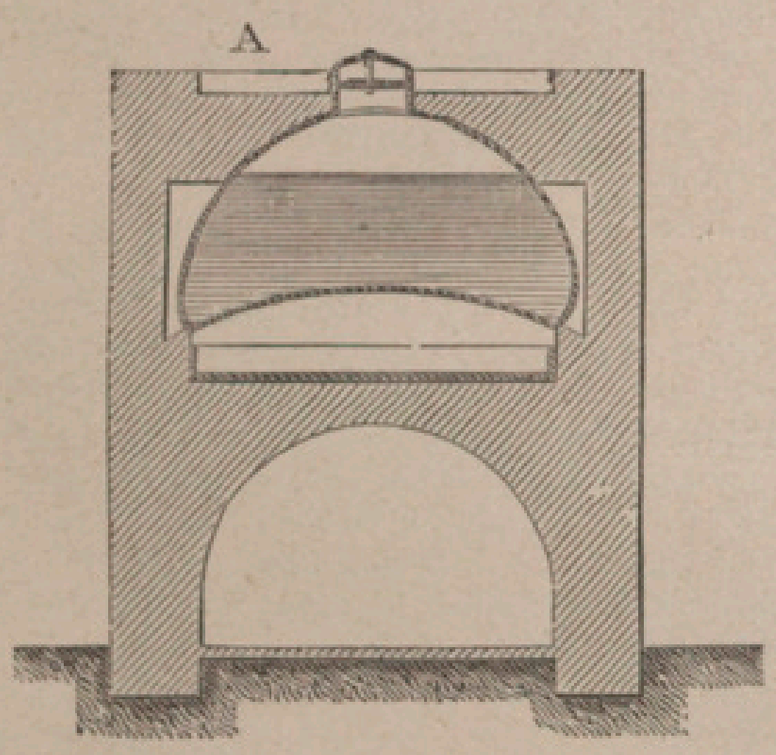
La fig. 2392 indique suffisamment que l'on peut lancer dans toutes les chambres de la vapeur au moyen de tuyaux, et fournir ainsi l'eau si nécessaire à la formation de l'acide sulfurique. Ces jets de vapeur ont encore l'avantage de faire tourbillonner les gaz, de renouveler les surfaces et de rendre les réactions plus faciles.

L'acide sulfurique se rend en définitive, nous l'avons déjà dit, dans la chambre principale où on le prend pour le concentrer. Il faut donc de temps en temps prendre le niveau de l'acide dans la grande chambre; c'est pour cela que jadis la fermeture inférieure de cette chambre était entièrement hydraulique. Aujourd'hui on adopte la disposition représentée dans la fig. 2393.



2393.

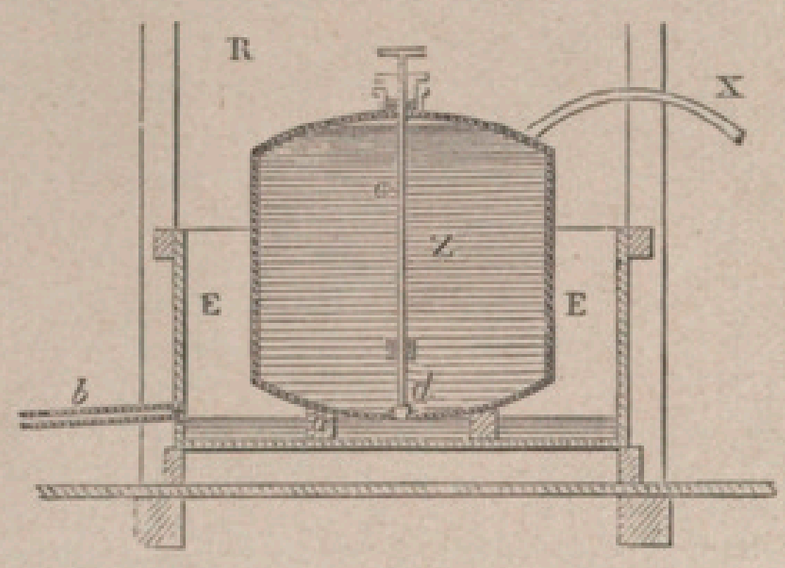
Dans la partie la plus basse de la chambre de plomb, dont le plancher est evidemment en pente, la lame de plomb *a a* faisant le prolongement de la paroi est déviée et se trouve disposée en soufflet, de manière à former une fermeture hydraulique. Par l'ouverture *b* on introduit une lame de plomb divisée en centimètres et millimètres pour mesurer la hauteur du liquide. *c* est une espèce de boîte dans laquelle on remet la lame de plomb lorsque le niveau a été pris. Un tube à siphon traversant la paroi inférieure de la chambre conduit l'acide soit dans un réservoir, soit directement dans les vases.



2394.

La fig. 2394 représente sur une plus grande échelle la coupe d'un four à soufre avec le générateur qu'il chauffe.

La fig. 2395 donne le détail du vase de Mariotte employé pour obtenir l'écoulement constant d'acide sulfurique; ce vase présente pour sa disposition de l'analogie avec le réservoir à huile des lampes à niveau constant. Il se compose essentiellement d'une capacité Z en plomb ou en cuivre ou tôle plombée, reposant sur deux supports garnis de plomb *a a*. La paroi inférieure est percée d'une ouverture que ferme une petite soupape conique *d*, dont la tige *c c* passe à frottement doux dans un *stuffing-box*, de manière que ladite soupape peut se soulever très facilement; on voit dès lors que la soupape, en même temps qu'elle laissera échapper de l'acide, donnera passage à des bulles d'air qui neutraliseront la pression de la colonne liquide, et le niveau constant sera celui du vase E E, de sorte que le tuyau *b* donnera lieu à un écoulement constant.



2395.

On alimente le vase Z directement par un tuyau X, ou bien on fait arriver le liquide dans un réservoir supérieur, duquel on fait passer dans Z par un tuyau muni d'un robinet.

M. Gay-Lussac a annoncé que l'absorption des gaz nitreux avec la dénitrification de l'acide sulfurique produisait une économie très sensible d'acide nitrique, et qu'on arrivait à ne plus employer que 3 kilogr. de nitrate, soit à peu près 4 kilogr. d'acide nitrique pour 100 de soufre, tandis qu'ordinairement la quantité d'acide est de 8 à 10 p. 100 environ.

L'acide sulfurique qu'on extrait de la grande chambre, et qui marque de 50 à 53°, doit être aussi dénitrifié. Depuis plusieurs années, MM. Poisat et compagnie, de la Folie-Nanterre, qui ont eu longtemps pour associés MM. Holker et d'Arcet, lesquels ont apporté de notables perfectionnements dans la fabrication de l'acide sulfurique, dénitrifient leur acide sulfurique des chambres en le soumettant à un courant d'acide sulfureux aspiré directement dans le four à soufre, de sorte que l'acide sulfurique contient toujours de l'acide sulfureux.

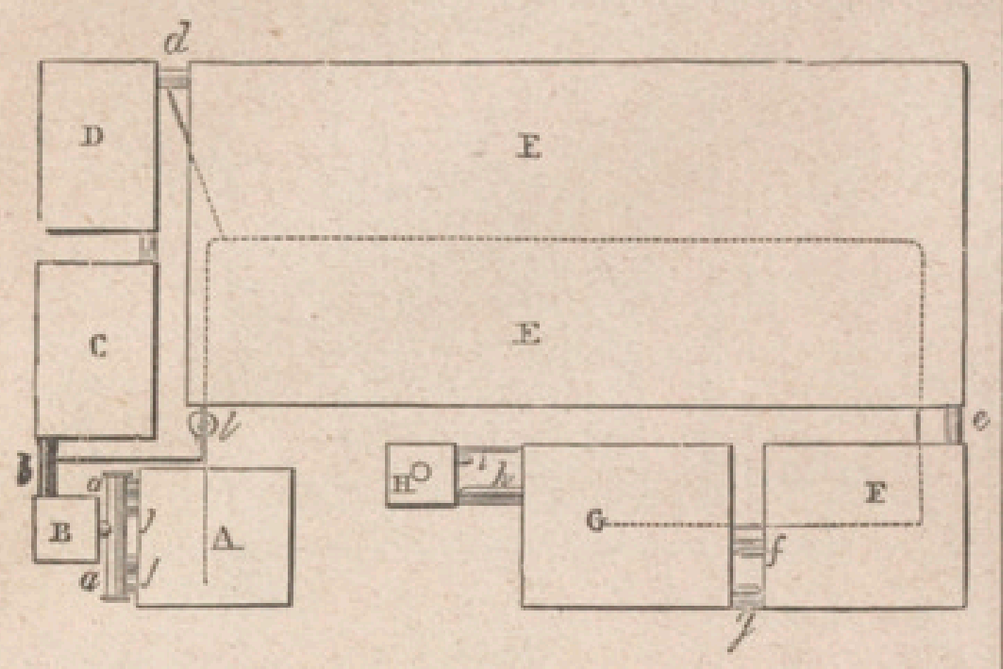
Ainsi, aujourd'hui il n'est plus permis, à un fabricant d'acide sulfurique, de vendre de l'acide contenant des gaz nitreux condensés, sans avoir recours d'ailleurs au moyen très simple indiqué en 1841 par M. Pelouze. Ce moyen consiste dans l'emploi du sulfate d'ammoniaque qu'on ajoute en très faible quantité à l'acide sulfurique nitreux; sous l'action de la chaleur les produits azotés sont décomposés, il se dégage de l'azote et il reste de l'eau et un peu d'acide sulfurique qui s'ajoute à celui que l'on purifie.

M. Desbassyns de Richemont a indiqué d'ailleurs un procédé qui permet de reconnaître des traces de ces composés nitreux : il suffit pour cela de verser sur l'acide sulfurique quelques gouttes de sulfate de protoxyde de fer; ce dernier s'empare de l'oxygène de la combinaison d'azote, passe à un état d'oxydation plus avancée, et devient d'une couleur rouge très prononcée.

L'appareil de Gay-Lussac a présenté dans l'application, surtout pour la partie placée à la suite des chambres et destinée à l'absorption des vapeurs rutilantes ou nitreuses, des inconvénients insurmontables. On a trouvé que cette absorption ainsi pratiquée contrariait singulièrement le tirage nécessaire à la marche régulière des chambres, et malgré le haut prix payé pour la concession du procédé, l'usine de Chauny a dû renoncer à l'emploi de cet appareil. Une ventilation artificielle, une aspiration à la sortie de la chambre seraient nécessaires pour l'emploi d'un procédé semblable.

Revenons maintenant aux chambres de plomb.

La fig. 2396 représente en plan la disposition des chambres de plomb, que, dans la figure principale, nous avons pour plus de simplicité, supposées placées toutes à la file.

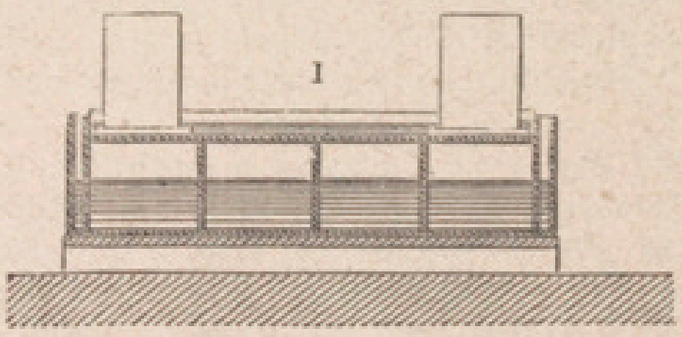


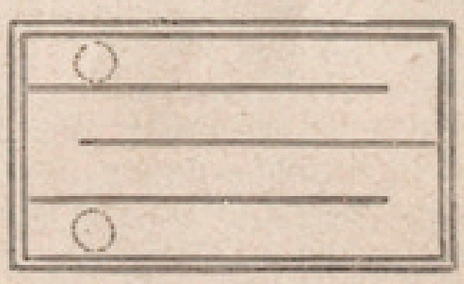
2396.

A, sont les fours à soufre et chaudières ; *a*, *a*, les cheminées de ces deux fours se réunissant en une seule se rendant dans l'appareil B, qui, par le conduit *b*, communique au premier tambour C. D, est le deuxième tambour ; E E, est la chambre principale qui par le conduit *e* envoie les gaz non condensés dans les deux petites chambres de queue F et G. *f* indique le tuyau qui entre dans le condenseur, et *g* le tuyau qui en sort *h* est l'entrée et *i* la sortie du deuxième condenseur. En H est l'appareil Gay-Lussac pour l'absorption des gaz nitreux.

La fig. 2397 est une coupe en travers des condenseurs, et la fig. 2398 en est le plan ; l'inspection de ces coupes nous dispense de toute autre description.

2397.





2398.

Il est nécessaire maintenant de donner quelques chiffres sur la fabrication de l'acide sulfurique, produit assez important pour attirer toute notre attention.

La surface de la sole du four en briques où se produit l'acide sulfureux doit être calculée de telle manière qu'on puisse brûler au moins 66 kilogr. de soufre par 24 heures et par mètre carré. La quantité d'air que l'on doit laisser entrer dans le four est très importante, puisque non seulement il sert à brûler le soufre, mais encore il doit fournir la plus grande partie de l'oxygène nécessaire à

transformer l'acide sulfureux en acide sulfurique ; il faut de 6 à 7 mètres cubes d'air par kilogr. de soufre brûlé ; on règle cette quantité au moyen du régulateur placé sur la cheminée.

Pour que l'appareil se trouve dans de bonnes conditions, il est convenable que le gaz de la première chambre renferme 12 p. 100 d'oxygène, et celui de la dernière 4 p. 100.

La quantité d'eau est également très importante à déterminer puisque d'elle dépend entièrement la réussite de l'opération. Si l'on en faisait arriver trop dans les chambres, l'acide sulfurique se produirait bien, mais il serait trop faible et exigerait dès lors trop de combustible pour sa concentration ; si on n'en introduisait pas assez, le rendement diminuerait considérablement et pourrait même tout à coup cesser.

On a reconnu qu'on obtenait les meilleurs résultat en lançant assez d'eau dans les chambres pour que l'acide qu'on tire de la chaudière principale marque de 50 à 53° à l'aréomètre. Or, cette quantité est très facilement calculable. Dans l'acide à 66° il existe 112 d'eau pour 613, c'est-à-dire un peu plus du 5me du poids de l'acide sulfurique ; or, 100 de soufre donnent maintenant au minimum 300 d'acide sulfurique à 66° qui contiendront à peu près 60 kilogr. d'eau. L'acide à 50° ne contient que les 2/3 de son poids d'acide à 66° ; il faut donc ajouter à ces 300 kilogr. d'acide à 66°, 150 kilogr. d'eau pour arriver à 50°. 150 kilogr. d'eau, plus 60 kilogr. existant dans l'acide à 66° donnent 210 kilogr. d'eau contenus dans les 450 kilogr. d'acide à 50°. En définitive pour 100 de soufre il faut au moins introduire dans les chambres 210 kilogr. d'eau. Le générateur doit donc être capable de fournir 300 kilogr. pour parer aux pertes.

On a aussi reconnu que pour être dans les meilleures conditions possibles il fallait brûler 100 kilogr. de soufre pour 100 mètres cubes de la capacité totale des chambres au maximum, et 66 kilogr. au minimum.

Maladies des chambres. La fabrication de l'acide sulfurique dans les chambres peut présenter des anomalies qu'il est bon de connaître afin de les éviter.

1° Si la température est trop élevée dans le four à soufre, ou que l'on n'introduise pas une quantité suffisante d'air, il se volatilise de la fleur de soufre qui se condense dans les chambres ; on produit donc moins d'acide, et, en outre, le soufre que l'on recueille plus tard dans le fond des chambres est imprégné d'acide sulfurique et doit être lavé pour servir de nouveau.

Si l'acide qu'on tire de la chambre principale contenait du soufre en suspension il serait essentiel de le laisser déposer, surtout s'il est destiné à la concentration, car par l'action de la chaleur du soufre, pour passer à l'état d'acide sulfureux, il prendrait tout l'oxygène nécessaire pour cette transformation à l'acide sulfurique qui passerait en partie lui-même à l'état d'acide sulfureux ;

2° S'il y a excès de sécheresse dans les chambres, les réactions ordinaires n'ont plus lieu, quelle que soit la quantité de soufre brûlé et d'acide nitrique employé ; le rendement peut alors diminuer énormément ;

3° Le défaut d'acide nitrique peut amener de graves perturbations dans la marche de l'appareil ; dans ce cas on perd une partie de l'acide sulfureux qui se dégage dans l'atmosphère.

Pour remédier à la trop haute température du four, M. Grouvelle, mettant à profit l'idée émise par Clément Desormes, a établi il y a plusieurs années, dans l'usine des Trois-Fontaines, près de Bruxelles, une espèce de quinquet à double courant pour la combustion du soufre. La sole du four est remplacée par des barres de fer parallèles (une espèce de grille) sur lesquelles on place des caisses de fonte liées l'une à l'autre, mais séparées cependant par un intervalle qui permet à l'acide d'ar-

SULFURIQUE (ACIDE).

river dans le four; c'est dans ces caisses qu'on place le soufre. Lorsqu'elles sont chargées, on allume le soufre, on les fait entrer dans le four; le courant d'air s'établit par les intervalles des caisses, et la combustion se continue jusqu'à ce qu'il ne reste plus dans les caisses que les matières terreuses qui se trouvent dans le soufre employé. A cet instant on remplace ces caisses par d'autres charges de soufre. La porte du four est alors nécessairement bouchée avec de la terre grasse.

Le procédé de soudure autogène imaginé par M. Desbassyns de Richemont a rendu un grand service à la fabrication de l'acide sulfurique ; les parois des chambres sont, pour ainsi dire, aujourd'hui d'une seule lame de plomb.

EMPLOI DES PYRITES. Nous avons toujours raisonné comme si on employait le soufre en nature pour la production de l'acide sulfureux, mais ce cas n'est pas tout à fait exceptionnel aujourd'hui et on se sert généralement de pyrites, qui se rencontrent abondamment dans beaucoup d'endroits.

La première idée de l'application des pyrites à la fabrication de l'acide sulfurique appartient à Clément Desormes; mais les tentatives que ce savant fabricant a faites dans cette direction n'ont pas abouti à un résultat pratique. Voici la raison de cet insuccès. Pour rendre les pyrites plus combustibles, Clément Desormes y ajoutait une certaine quantité de charbon et laissait passer un trop grand excès d'air. Le gaz sulfureux produit était par conséquent mélangé avec de l'acide carbonique et de l'oxyde de carbone, et l'on sait aujourd'hui que, dans ces conditions, sa transformation en acide sulfurique ne s'opère plus qu'avec une extrême difficulté. Pour que cette transformation soit facile et complète, il faut que l'acide sulfureux ne soit accompagné que des éléments de l'air lui-même. A cet égard, on a même observé que la marche régulière de l'opération est entravée par les vapeurs d'acide sulfurique qui résultent quelquefois du grillage des pyrites, lorsque le sulfate de fer formé à une basse température distille à une température plus élevée. Cette circonstance fait comprendre la nécessité de régler avec soin le grillage des pyrites, opération délicate qui peut offrir le double inconvénient ou de verser dans les chambres des vapeurs d'acide sulfurique ou d'y dégager de l'acide sulfureux porté à une trop haute température. Toutes ces conditions ont été parfaitement étudiées par MM. Perret et fils, de Lyon, possesseurs des anciennes mines de cuivre de Chessy et Saintbel, devenues trop pauvres pour être exploitées pour cuivre, et qui dont devenues une source de fortune depuis qu'on utilise, pour la fabrication de l'acide sulfurique, les pyrites qui renferment près de 50 pour 100 de soufre. C'est à eux que revient l'honneur d'avoir les premiers résolu dans la pratique toutes les difficultés que présente l'emploi des pyrites dans la fabrication de l'acide sulfurique. Dès 1833, ces fabricants distingués ont fait à ce sujet des expériences qui ont été couronnées de succès. Leurs procédés avaient déjà passé depuis deux ans à l'état d'application, lorsqu'ils ont pris, à la date du 20 novembre 1835, un brevet qui constate leurs droits de priorité.

La pyrite en morceaux, de la grosseur d'une noix, débarrassée du poussier qui empêcherait le passage de l'air, brûle très-bien seule quand on la place sur une assez grande épaisseur, dans un foyer en briques préalablement échauffé. Mais la grande quantité de menu que produit la pyrite de Chessy, qu'employait M. Perret, lui fit chercher et trouver la disposition convenable pour brûler en même temps le menu et les morceaux, en partant de la facile combustion de ceux-ci. Voici la disposition qui lui a réussi.

A une petite distance de la couche de pyrites en fragments brûlant dans le four à cuve ordinaire, est placée une sole en terre réfractaire, formée de ces grandes briques de 6 centimètres d'épaisseur dont on se sert dans les verreries pour étendre le verre à vitres. Concevons maintenant sept autres soles de ce genre, séparées par un intervalle de 10 centimètres, fixées dans une maçonnerie où sont ménagées des ouvertures disposées de manière que le courant d'air provenant des pyrites grillées puisse, en serpentant, lécher la surface des menus, en poudre ou en petits morceaux, déposés sur ces soles. Ces couches, échauffées par les produits de la combustion de la pyrite en fragments, brûleront par l'introduction de l'air dans la masse, distilleront lentement leur soufre, de telle sorte qu'après trente-six heures le résidu ne renfermera plus que 4 à 5 pour 100 de soufre non brûlé.

La température s'élevant à mesure qu'on s'approche de la couche supérieure, le nombre de huit soles, d'abord adopté par M. Michel Perret, lui a paru pouvoir être dépassé, et il a construit des appareils de ce genre, dans lesquels il a pu faire intervenir d'une manière utile jusqu'à seize de ces surfaces en briques réfractaires. Mais leur superposition conduisant à des fours trop élevés, il a divisé ces seize soles en deux massifs, construits sur un même plan à côté l'un de l'autre, de manière que le gaz de la huitième sole supérieure, conduit par un carneau, pût aller à son tour passer sur la surface de la couche inférieure de la seconde rangée. La température s'élève dans ces fours, elle croît depuis la cuve où brûle la pyrite en morceaux jusqu'à la sole la plus élevée, ce qui montre avec quelle facilité l'air pénètre dans le mélange de pyrite en poudre et en grains qui occupe sur les soles une épaisseur d'environ 3 centimètres.

On conçoit que pour que la circulation de l'air ait lieu dans le sens désiré, il faut qu'il ne se trouve pas d'autres ouvertures que celles qui sont dans la maçonnerie, sur le côté de ces soles, et que cet air ne puisse ni s'introduire ni circuler dans le sens de leur grand axe. La chose est facile pour la partie postérieure, car il suffit d'encastrer la brique dans le mur du fourneau. Mais une pareille disposition ne peut s'appliquer à la partie antérieure par laquelle doit s'opérer le chargement et le déchargement du minerai, au moyen de portes correspondantes à chaque sole.

Pour cela, on laisse un intervalle entre la partie antérieure de la sole et le mur, intervalle qui, lors du chargement de la sole inférieure, se remplit de poussier retenu par un registre fermé. Dans le chargement de la deuxième sole, on fait tomber aussi du poussier qui, s'appuyant sur le tas inférieur, sur le mur de devant et sur la sole même, y forme un petit talus, et ainsi de suite pour les différentes soles, en montant. Veut-on procéder au déchargement, on ouvre ce registre ; le poussier qui le recouvrait tombe dans les appareils destinés à le recevoir; une râclette nettoie la sole et fait aussi tomber la poudre dans cette cavité par une manœuvre qui se reproduit pour chaque sole successive. La charge a lieu toutes les trente-six heures; pendant ce temps on brûle 1,000 kilogrammes de pyrite menue.

On a tenté, en augmentant le mouvement des pyrites, de supprimer les cuves, en ne conservant que les étages a tablettes. On a construit des fours à étages composés seulement de tablettes horizontales, sur lesquelles on peut brûler convenablement les poussières de pyrites sans le secours d'autre chaleur que celle qui résulte de leur propre combustion. Sur ces tablettes les couches peuvent être plus épaisses que sur celles des fours à cuve; mais elles ne restent pas en repos pendant tout le temps du grillage. A des époques déterminées, toutes les quatre heures par exemple, on fait passer la poussière d'un étage à l'étage inférieur; celle de la tablette la plus inférieure tombe dans le cendrier, tandis que la tablette la plus élevée reçoit une nouvelle couche

de pyrite crue. Par cet avancement graduel vers les bouches d'accès d'air, on remue complétement les poussières, et avec un bon tirage on obtient une combustion des poudres aussi satisfaisante que celle des fragments dans les fours à cuve. Le seul inconvénient un peu grave est l'entraînement d'une quantité notable de poussière ferrugineuse dans l'acide des chambres.

La recherche et l'exploitation des pyrites ont pris, par suite de leur emploi dans la fabrication de l'acide sulfurique, une importance considérable. En 1866 les amas de Chessy et Sainbel ont fourni 66,440 tonnes de pyrites, sur lesquelles 3640 tonnes ont fourni 180 tonnes de cuivre de cémentation.

En Espagne les puissants amas de pyrite cuprifère, situés dans le sud de l'Espagne, particulièrement dans la province de Huelva, fournissent des quantités considérables de pyrite de fer (246,137 tonnes en 1866), qui sert à la fois de minerai pour le soufre et pour le cuivre qu'elle contient.

La zone métallifère de la province de Huelva se continue en Portugal dans la province d'Alentejo; la mine de San-Domingo, où la masse pyriteuse a une puissance de 44 mètres, alimente bonne partie des usines anglaises (167,028 tonnes en 1866).

CONCENTRATION DE L'ACIDE. L'acide obtenu dans les chambres de plomb peut être employé dans certaines industries, telles que la fabrication du sulfate de fer, du sulfate d'ammoniaque, de l'acide nitrique, de l'acide stéarique, etc., sans qu'il soit besoin de concentration; il y a alors économie sensible, car il est proportionnellement moins cher que l'acide concentré, pourvu que les frais de transport ne viennent pas compenser la différence de prix ; mais souvent aussi l'acide doit être concentré, c'est-à-dire privé de l'eau qu'il contient (nous ne parlons pas de l'eau de composition), et en même temps purifié de certaines matières étrangères. Ainsi pour la dissolution de l'indigo et l'affinage des métaux précieux on est obligé d'amener l'acide à 66°.

On commence cette opération dans des bassines en plomb, d'une large surface et d'une profondeur peu considérable, mais on ne peut la pousser que jusqu'à 60°, car au delà la température d'ébullition pourrait très-bien amener la fusion du plomb; on est donc obligé de terminer la concentration dans des cornues en verre ou des vases de platine. Les premières étaient seules employées autrefois; maintenant dans toutes les fabriques un peu considérables on fait usage des seconds, malgré leur grande valeur ; la mise de fonds est plus grande, mais la concentration est plus économique que dans les cornues en verre.

Pendant la concentration, il se dégage l'acide sulfureux et les acides nitrique et hypo-nitrique qui peuvent être contenus dans l'acide sulfurique.

La figure 2399 représente la coupe de tout l'appareil de concentration. A, A', sont les chaudières de plomb où l'acide monte jusqu'à 60° pour alimenter ensuite la cucurbite de platine B. Un syphon, *s s*, établit la communication entre les deux chaudières par suspendu qu'on remonte l'intermédiaire d'un vase ou descend au moyen de poulies de renvoi. Quand on le remonte, son niveau monte par rapport à celui de la chaudière A, et dès lors l'écoulement diminue; si on l'abaisse l'écoulement augmente et le liquide tombe plus abondamment dans la chaudière A' par le dégorgeoir du vase *v*. Il en est de même pour le syphon *s'*, *s'*, et le vase *v'* qui fournit de l'acide à la cucurbite B, ou plutôt au syphon s^2.

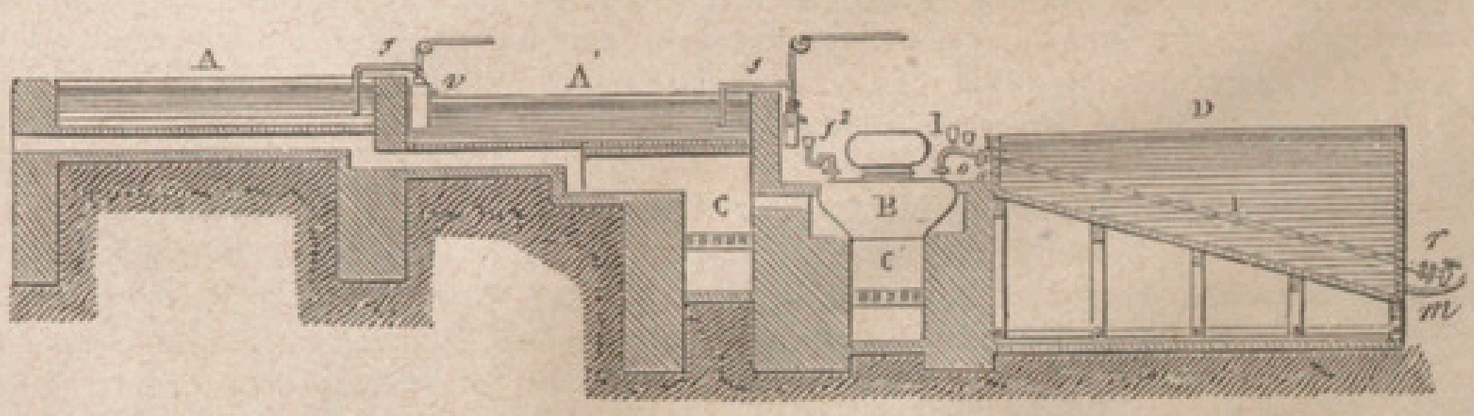
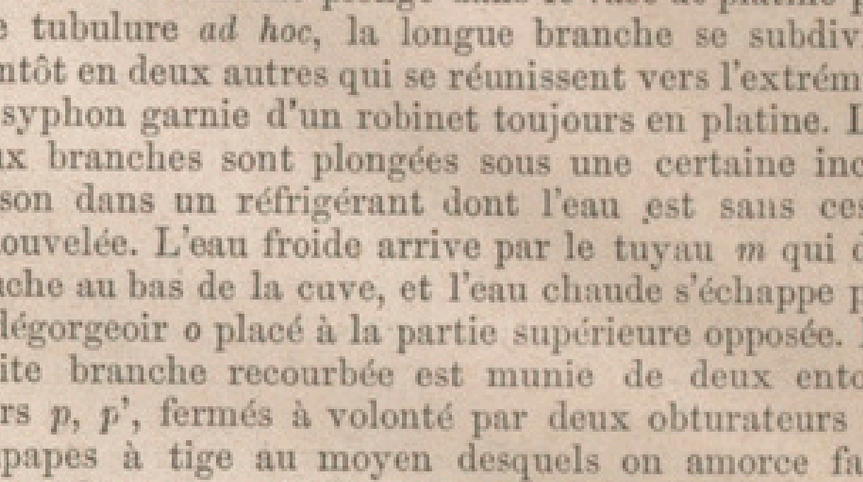


Fig. 2399.

Comme on le voit, l'alimentation peut, au moyen de cette disposition, être réglée suivant un certain débit et d'une manière continue; il faut alors que l'extraction de l'acide à 66° soit aussi continue. Cette extraction est obtenue par le syphon I, I dont on peut apprécier les détails par les figures 2400 et 2401. Ce syphon est en platine: il a pour but et pour effet de soutirer l'acide concentré et de le refroidir avant de le laisser couler dans les tourilles.

La courte branche plonge dans le vase de platine par une tubulure *ad hoc*, la longue branche se subdivise bientôt en deux autres qui se réunissent vers l'extrémité du syphon garnie d'un robinet toujours en platine. Les deux branches sont plongées sous une certaine inclinaison dans un réfrigérant dont l'eau est sans cesse renouvelée. L'eau froide arrive par le tuyau *m* qui débouche au bas de la cuve, et l'eau chaude s'échappe par le dégorgeoir *o* placé à la partie supérieure opposée. La petite branche recourbée est munie de deux entonnoirs *p*, *p'*, fermés à volonté par deux obturateurs ou soupapes à tige au moyen desquels on amorce facilement le syphon. Le tube du syphon a le même diamètre avant la bifurcation et après la réunion. E est une boîte à filasse qui donne passage au tube du syphon pour entrer dans le réfrigérant D; pour sa sortie, même disposition.

Fig. 2400.



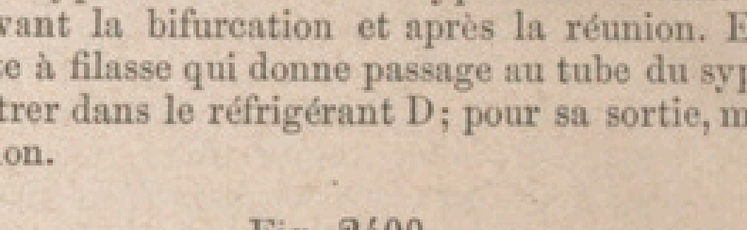


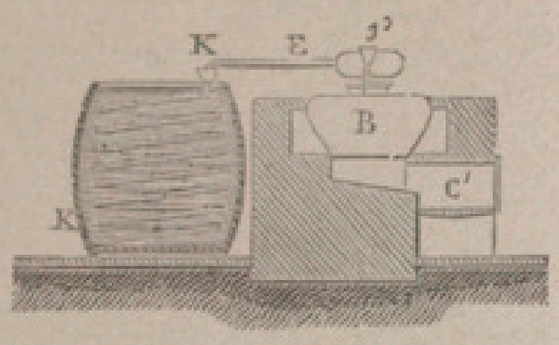
Fig. 2401.

C'est à M. Bréant qu on doit le syphon que nous décrivons. Le tube principal offre un passage double de celui des syphons ordinaires; la surface réfrigérante étant proportionnelle à son écartement, l'abaissement de température de l'acide doit être le mêms qu'avec les anciens syphons. M. Bréant a aussi indiqué la division du tube principal en quatre autres tubes, mais cette disposition n'est guère employée quand la marche est continue; elle présente de l'avantage quand l'opération n'est pas continue, car alors il est nécessaire de vider le plus rapidement possible la cucurbite pour passer à

une autre concentration, et la disposition Bréant permet de le faire quatre fois plus vite qu'avec un syphon ordinaire quand l'appareil est en marche continue.

Le robinet *r* du syphon est ouvert d'une quantité telle que la dépense soit en rapport avec l'arrivée dans la cucurbite.

La fig. 2402 est une coupe en travers de la cucurbite montrant le serpentin de plomb entouré d'eau dans lequel se rendent les vapeurs d'eau entraînant une certaine quantité d'acide et qui s'y condensent entièrement; cet acide très faible est introduit dans les chambres de plomb.



2402.

Lorsque l'appareil de concentration est continu il n'est pas nécessaire de mettre d'armature à la cucurbite, non plus que de la faire poser sur des plaques en fonte; avec une marche continue, on doit veiller avec soin à l'appareil, car il n'y a alors que la hauteur du liquide dans la chaudière qui sépare l'acide à 66° de l'acide à 60°; une ébullition ralentie suffit pour diminuer le degré de l'acide concentré. L'acide sulfurique est bien réellement à 66° quand les vapeurs qui se dégagent marquent également 66°; rarement en pratique on arrive à ce terme.

La chaudière en platine pèse, en moyenne, 52 kilogr., elle peut concentrer 4000 kilogr. en 24 heures. Lorsque la concentration se fait avec intermittence il faut avoir grand soin de ne jamais syphonner entièrement dans l'acide, et d'en laisser toujours un tiers dans la chaudière. Si on ne prenait pas cette précaution, le platine serait exposé à de brusques changements de température par l'introduction de l'acide à 60°, et la solidité de la chaudière serait bientôt compromise.

Cette chaudière se conserve longtemps sans beaucoup de soudures à l'or, si on évite d'y introduire avec l'acide, un métal ou du chlore. Un grain de plomb suffit pour la percer; quant au chlore, sa présence d'acide sulfurique est due quelquefois à du chlorure de sodium contenu dans l'acide nitrique employé dans les chambres.

C'est pour remédier aux inconvénients que présentent les vases de platine tant pour le prix d'achat que pour les chances de réparation que M. Kuhlmann a proposé, dans les années 1844 ou 1845, d'opérer la concentration de l'acide dans des chaudières de plomb, en abaissant nécessairement la température d'ébullition au moyen du vide opéré incessamment dans la chaudière; avec cet artifice la température d'ébullition de l'acide à 66° est moins élevée que la température de fusion de plomb. Ce savant chimiste a concentré par ce procédé de l'acide dont un échantillon a figuré à l'exposition nationale de 1844; mais nous ne savons s'il a adopté ce procédé dans sa fabrique de Loos; si en un mot il l'a rendu manufacturier.

Le même M. Kuhlmann a fait, il y a une quinzaine d'années, des recherches sur la formation et la fabrication de l'acide sulfurique par l'action de l'acide sulfureux sur l'oxygène de l'air, action favorisée par la force catalytique de l'éponge de platine portée au rouge, sur laquelle passait le mélange des deux gaz. La réaction est bien nette, bien positive, l'acide sulfurique se forme, et il est constant que l'acide sulfurique ainsi formé doit contenir très peu d'eau, qu'on pourrait ainsi arriver à obtenir de l'acide presque anhydre; malheureusement la force catalytique de l'éponge de platine ne tarde pas à s'émousser, et pour lui rendre sa première énergie il est indispensable de porter le platine à une température rouge. Aussi l'expérience vint bientôt prouver à M. Kuhlmann qu'il fallait renoncer à l'idée d'introduire cet ingénieux procédé dans les fabriques d'acide sulfurique, qui n'ont aujourd'hui, on peut le dire sans crainte, plus de grands perfectionnements à espérer, par suite des améliorations récentes qui ont été apportées dans cette industrie, améliorations que nous avons fait connaître ci-dessus. Les variations de prix qui se font sentir sur cet article sont dues principalement aux variations des prix des matières premières, soufre et nitrate de soude, et à un effet de la concurrence ou de l'entente qui peuvent s'établir entre les fabricants.

L'acide du commerce, celui obtenu par les procédés que nous venons d'indiquer, n'est pas pur; il contient toujours en dissolution quelques sels étrangers, du sulfate de plomb, et quelquefois du per-sulfate de fer (sulfate ferrique). Le soufre employé le plus souvent dans la fabrication n'a pas été distillé; il contient une certaine quantité de sulfure de fer que la combustion, dans la chambre de plomb, fait passer à l'état de sulfate. Comme ces sels sont très peu abondants, ils ne peuvent nuire ordinairement aux opérations industrielles. On a trouvé, de plus, que l'acide des chambres renferme toujours de l'arsenic à l'état d'acide arsénieux et d'acide arsénique, d'après les observations de M. Orfila.

On peut constater la présence et déterminer la quantité des sels étrangers, en évaporant 100 grammes d'acide sulfurique dans une capsule de platine, et il est considéré comme bon lorsqu'on n'obtient qu'un résidu de 5 millièmes.

Lorsqu'on veut, pour des recherches de laboratoire, se procurer de l'acide sulfurique pur, exempt de matières étrangères, on distille celui du commerce dans un appareil distillatoire en verre. On a soin de placer dans la cornue quelques fils de platine, pour éviter les soubresauts qui se produisent généralement dans l'ébullition d'un liquide que contient un vase de verre.

Il nous reste, pour compléter ce que nous avons à dire de l'acide sulfurique du commerce, de donner son prix de revient :

Compte de fabrication de l'acide sulfurique, pour une consommation de 1,600 *kil. de soufre* (1).

Soufre, 1.600 kil. à 16 fr. les 100 kil.	256 fr.	
Acide nitrique, 134 kil. à 45 fr. les 100 kil.	60	30
Houille, 20 hectol. à 2 fr. 50 c.	50	
Main-d'œuvre, direction, loyer, intérêts.	136	
Réparations.	35	
Frais de concentration.	45	
Transports, escomptes.	82	
Emballages.	107	
	771 fr.	30

Production, 4.800 kil. à 66° :

$$4.800 : 771 :: 100 : x = 16 \text{ fr.}$$

Nous pensons que ce chiffre de 16 fr. est trop fort dans l'état actuel des choses, et que pour les bons fabricants il doit être réduit de 2 fr. au moins. Ainsi, entre autres rectifications, signalons qu'au lieu de 134 kil. d'acide nitrique, on peut par le procédé Gay-Lussac réduire cette quantité à 64 kil.

Voici, toujours d'après M. Payen, le coût de la con-

(1) Ce compte a été donné par M. Payen dans son cours du Conservatoire; nous n'avons modifié que les prix du soufre, de l'acide nitrique et de la houille, en maintenant les quantités.

centration (de 52° à 66°) dans un vase en platine contenant 100 litres :

Main-d'œuvre.	18 fr.
Houille.	29 fr. au maximum.
Vase en en platine, intérêts, réparations, etc.	25
Chaudières en plomb, intérêts, réparations, etc.	8
	80 fr.

Pour 4.000 kil. d'acide concentré :

$$4.000^k : 80 :: 100 : x = 2 \text{ fr.}$$

Préparation de l'acide sulfurique anhydre. Nous avons déjà vu, à propos de l'acide ordinaire, qu'on pourrait obtenir de l'acide anhydre en combinant l'acide sulfurique à l'oxygène, sous l'influence de l'éponge de platine. Il suffirait de refroidir convenablement les vapeurs produites pour les ramener à l'état solide ; mais ce procédé ne paraît pas devoir être manufacturier.

On peut obtenir l'acide anhydre en traitant par la chaleur de l'acide de Nordhausen dans une cornue garnie d'un récipient, dont on maintient la température au-dessous de 18 degrés. Les gouttes d'acide anhydre qui distillent se prennent en cristaux incolores ; l'acide sulfureux traverse le récipient sans être condensé. Si on veut obtenir cet acide en grande quantité, voici le procédé qu'on peut suivre ; il est indiqué par Berzélius :

On mêle 3 parties de sulfate de soude, récemment rougi au feu et par conséquent anhydre, avec 2 parties d'acide sulfurique ordinaire à 66°, et on chauffe peu à peu jusqu'au rouge naissant la matière, qui d'abord monte beaucoup, et puis s'affaisse ; on la coule en plaques que l'on brise et qu'on distille dans une bonne cornue de terre, et l'on conduit la vapeur dans un ballon refroidi avec de la glace.

On peut par ce procédé obtenir près de 1 kil. d'acide anhydre pour 2 kil. d'acide ordinaire employé ; le résidu, traité par une nouvelle quantité d'acide ordinaire, peut procurer indéfiniment de l'acide anhydre.

On a fabriqué quelque temps à Auteuil de l'acide anhydre par un procédé dû à M. Laroque, préparateur à l'École de pharmacie ; mais le procédé employé a été tenu secret.

Il n'est pas douteux que les arts consommeraient une quantité très grande d'acide anhydre, s'il était livré dans le commerce à un prix raisonnable.

Préparation de l'acide fumant ou de Nordhausen. Voici la théorie de la préparation de cet acide, du moins dans les errements suivis jusqu'à ce jour. Si on calcine un sulfate décomposable par la chaleur, voici ce qui arrive : d'abord l'eau que ce sulfate contient se sépare du sel, à une température peu élevée, en presque totalité ; ensuite l'acide sulfurique se dégage, et on obtiendrait ainsi de l'acide anhydre sans la petite quantité d'eau qui reste unie au sulfate. Comme l'acide sulfurique commence à se décomposer à peu près à la température de décomposition des sulfates, il s'ensuit qu'une bonne portion de l'acide sulfurique mis en liberté se transforme en oxygène et en acide sulfureux ; et rappelons ici que l'acide sulfureux est absorbable par l'acide sulfurique. Ainsi donc, en calcinant un sulfate on obtient un mélange d'acide sulfurique anhydre, d'acide ordinaire et d'acide sulfureux en des quantités variables.

Cela posé, le sulfate à calciner doit nécessairement être à bas prix. Si donc on voulait fabriquer cet acide en France, on emploierait le sulfate de fer du commerce de qualité inférieure, ou bien le mélange de sulfates de fer et d'alumine, connu sous le nom de *magma* dans les départements de l'Aisne et de l'Oise ; mais, jusqu'à présent, c'est spécialement sur le sulfate de fer qu'on a essayé d'opérer. Si le sulfate de fer (sulfate de protoxyde) desséché est soumis à la calcination, on n'obtient d'abord qu'un dégagement d'acide sulfureux, dégagement assez abondant dû à la décomposition de la moitié de l'acide sulfurique, qui doit céder de son oxygène au protoxyde de fer pour le faire passer à l'état de peroxyde, et cette peroxydation doit précéder le dégagement d'acide sulfurique, car il y a formation d'un sous-sulfate de peroxyde ; de sorte qu'il serait beaucoup plus rationnel de transformer d'abord la couperose en sulfate de peroxyde, au moyen d'acide sulfurique et d'un peu d'acide azotique, et la théorie comme l'expérience prouvent qu'il y aurait avantage à opérer cette transformation. Il va sans dire que si on a comme résidu d'une fabrication du sulfate de peroxyde de fer, il y aura une immense économie à l'employer.

Tout l'acide connu sous le nom d'acide de Nordhausen se fabrique maintenant en Bohême, qui se trouve actuellement placée dans des circonstances de fabrication tellement favorables que des usines plus anciennes placées dans les autres parties de l'Allemagne ont dû renoncer à soutenir la concurrence.

On se sert pour cette fabrication d'argiles très chargées de pyrites, appartenant en général à la formation de l'argile plastique et supérieures aux couches de lignite. En lavant ces argiles, on en retire les pyrites, que l'on calcine en vases clos, dans des fourneaux à galère (voyez SOUFRE) pour en retirer une certaine quantité de soufre. Le résidu est de la pyrite magnétique que l'on expose en tas à l'air libre, pendant plusieurs années, en les arrosant et les lessivant de temps en temps ; le produit du lessivage est évaporé jusqu'à cristallisation dans des chaudières de plomb. On obtient ainsi du sulfate de protoxyde de fer (vitriol vert, couperose verte) qui est en général livré au commerce. Les eaux-mères qui restent après la séparation du sel cristallisé sont évaporées jusqu'à siccité ; elles laissent un résidu qui consiste essentiellement en sulfate de peroxyde de fer, et qui, après avoir été fortement desséché, est soumis à la distillation dans des cornues en terre. On place ces cornues les unes à côté des autres dans un four à galère, dans une position presque horizontale, très légèrement inclinée en avant. Le four contient deux cents cornues placées sur trois étages ; il est chauffé par trois foyers : chaque cornue est mise en communication par son col avec un récipient en terre qui repose en présentant une forte inclinaison, sur un banc de briques qui règne dans toute la longueur du four. On aura une idée de cet appareil en se reportant aux fig. 1757-1758 (MÉTALLURGIE), qui représentent le fourneau employé dans le duché des Deux-Ponts, pour le traitement des minerais de mercure. Les deux cents cornues, dans lesquelles on introduit le sulfate de fer, n'en renferment ensemble que 225 à 250 kilogr. ; on retire de 100 parties de sel desséché, 45 p. d'acide fumant à 76°. Quand l'opération est terminée, on enlève le peroxyde de fer qui reste dans les cornues. L'acide sulfurique fumant ainsi préparé renferme 10 à 11 p. d'eau ; il a pour densité 1,9 ; il est principalement employé pour opérer la dissolution de l'indigo, pour laquelle il ne faut que 3 ou 4 p. d'acide fumant, tandis qu'il en faut 7 à 8 d'acide ordinaire à 66°. Le seul moyen exact de déterminer la richesse d'un acide sulfurique fumant, est de déterminer la quantité de chlorure de barium qu'il peut décomposer ou mieux d'en faire l'essai acidimétrique au moyen d'une dissolution titrée de carbonate de soude.

MALLET.

SUMAC. On donne le nom de sumac aux feuilles récoltées sèches et réduites en poudre plus ou moins grossière, de plusieurs espèces de plantes, la plupart exotiques, appartenant à la famille des térébinthacées. Le sumac est employé comme matière tinctoriale, soit comme matière tannante. On en importe annuellement en France environ 1100 kilogr., valant 400.000 francs.

SYPHON. Le syphon, instrument très employé pour

décanter les liquides, consiste en un tube recourbé presque à 180°, dont les deux branches sont d'inégales longueurs. Après l'avoir rempli de liquide, que l'on maintient en plaçant un doigt à chaque extrémité, on le renverse de manière à faire plonger la plus courte branche dans le liquide à décanter et à ce que l'extrémité de la branche la plus longue soit à un niveau plus bas que celle de l'autre branche ; la pression qui s'exerce sur chaque extrémité étant égale à la pression atmosphérique diminuée de la hauteur du liquide renfermé dans la branche correspondante, cette pression sera plus considérable à l'extrémité de la branche la plus courte, et l'écoulement se fera d'une manière continue par l'extrémité de l'autre branche, avec une vitesse due à la différence de niveau entre la surface du liquide à décanter et l'extrémité de la branche la plus longue ; ou le niveau du liquide dans le récipient si cette dernière branche plonge dans un récipient. On adapte souvent la plus courte branche du syphon sur un flotteur, ce qui lui permet de suivre les mouvements du liquide à décanter. Lorsque les syphons ont des dimensions trop considérables pour les amorcer comme il vient d'être dit, ou lorsqu'ils sont fixes, on les remplit, après avoir bouché l'extrémité des branches, par une ouverture pratiquée à la partie supérieure du coude ; après avoir fermé cette ouverture, on débouche d'abord l'orifice de la plus courte branche, puis l'autre orifice. Enfin, dans le même cas, on amorce quelquefois le syphon au moyen d'une pompe à faire le vide communiquant avec le coude du syphon : il faut alors que les deux branches du syphon aient leurs extrémités plongées dans le liquide, qui s'élève par l'effet de la pression atmosphérique extérieure.

T

TABAC (*angl.* tobacco, *all.* Tabak). La fabrication du tabac n'est point libre en France, comme on le sait; elle ne présente pas par conséquent pour les industriels régnicoles un intérêt aussi positif que la plupart des autres fabrications ; mais comme objet de curiosité générale, comme très peu connue en France, comme utile aux pays étrangers où elle est permise à tous, elle mérite qu'on s'y arrête particulièrement.

§ I. *Introduction du tabac en Europe.* On sait que le tabac et l'usage qu'on en fait ont été transportés du nouveau-monde dans l'ancien par les conquérants de l'Amérique. A peine ont-ils mis le pied sur le nouveau monde, que l'habitude de fumer le tabac, répandue universellement parmi les indigènes, frappe les hardis visiteurs. Lorsque Christophe Colomb aborda l'île qu'il nomma San-Salvador, il chargea deux hommes de son équipage d'explorer le pays. « Ceux-ci trouvèrent en chemin, dit-il dans son journal (1), un grand nombre de naturels, tant hommes que femmes, qui tenaient en main un tison composé d'herbes dont ils aspiraient le parfum. » Las-Cases nous apprend, dans son *Histoire générale des Indes*, que le tison signalé par Colomb « est une espèce de mousqueton bourré d'une feuille sèche que les Indiens appellent tabacos, et qu'ils allument par un bout, tandis qu'ils hument par l'autre extrémité, en aspirant entièrement sa fumée avec leur haleine. »

Ce ne fut qu'en 1518 que Cortez envoya des graines de cette plante à Charles-Quint. Quarante ans après, le président Nicot, ambassadeur de France en Portugal, ayant cultivé du tabac dans son jardin et lui ayant reconnu de nombreuses propriétés, en présenta à la reine Catherine de Médicis. Catherine de Médicis en devint enthousiaste, le mit en vogue et la mode s'en empara avec fureur. On supposait cette plante douée de toutes sortes de propriétés. Elle guérissait de tous les maux, de la migraine, des fluxions, de toutes les plaies, des morsures de chiens enragés, de la goutte, que sais-je encore? On disait que les Cannibales s'en servaient contre le poison dont étaient frottées leurs flèches, et que, s'en allant à la guerre, ils portaient dans un pied de cerf du poison, dans un autre du jus de l'herbe verte du tabac ou des feuilles sèches. Dès qu'ils en avaient appliqué sur une plaie, quelque grave que fût la blessure, ils étaient hors de danger. Aussi toutes sortes de noms lui sont donnés par la reconnaissance populaire : c'est *l'herbe à l'ambassadeur* ou *nicotiane*, *l'herbe à la reine*, *l'herbe médicée*, *l'herbe sainte* à cause de ses grandes vertus. Mais de tous les noms qui furent donnés à cette plante, il ne lui est resté que le nom de *tabac* à cause de l'île de Tabago où elle fut sans doute d'abord remarquée.

§ II. *Composition chimique.* Le tabac (*nicotiana tabacum* L.) appartient à la famille des solanées qui renferme tant de plantes vénéneuses. On compte un grand nombre d'espèces différentes de nicotianes, qui se distinguent les unes des autres par la forme et la grandeur de leurs feuilles, mais qui jouissent toutes des mêmes propriétés. La plante est annuelle et se compose d'une tige rameuse et cylindrique, haute de près de 2 mètres, ornée de feuilles très grandes et présentant, aux extrémités des rameaux, de grandes fleurs roses, vertes ou bleuâtres, selon les espèces. Le fruit est une capsule ovoïde, pointue, renfermant un très grand nombre de graines très petites, irrégulièrement arrondies.

Toutes les parties de la plante, et surtout les feuilles, présentent une odeur qui est loin d'être agréable et qui ne le devient, pour les personnes accoutumées à l'usage du tabac, qu'après la fermentation que subissent les feuilles dans la fabrication. Son odeur irritante a sans doute indiqué l'emploi de la plante qui fut d'abord essayée comme remède universel contre tous les maux. Cette plante renferme, en effet, plusieurs principes très actifs que la chimie a essayé de séparer. Ces principes sont loin d'être tous connus; le plus remarquable est la *nicotine*, que signala d'abord Vauquelin, mais dont la composition n'a été trouvée que depuis peu de temps par nos expériences et celles de quelques autres chimistes, MM. Ortigosa, Melsens, etc., qui n'en obtinrent qu'après nous à l'état de pureté en suivant le procédé de préparation que nous avons donné. C'est un poison qui tue avec une rapidité effrayante lorsqu'il est administré à très petites doses, mais très concentré, à un animal à jeun. Comme il n'entre qu'en très petites proportions dans le tabac, l'effet de ce poison est considérablement atténué dans les usages ordinaires de la plante; il n'agit plus que comme un narcotique peu redoutable, lorsque par l'habitude on s'est prémuni contre son influence. Parmi les autres principes, il faut citer encore l'acide malique et d'autres acides, ainsi qu'une matière azotée, qui jouent un grand rôle dans la fabrication du tabac manufacturé.

(1) « Hallaron los dos Christianos por el camino mucha gente que atraveseba a sus pueblos, mugeres y hombres con un tizon en la mano, yerbas para tomar sus sahumerios que acostumbraban. »

Enfin le tabac contient une quantité de cendres très considérable, variable suivant les différentes parties de la plante, moindre dans les racines, plus grande dans les tiges, dans les côtes, puis dans les feuilles, et enfin plus petite dans les graines. Cette quantité est en nombres ronds, pour chacune de ces parties de la plante, dans l'ordre où nous les avons nommées, de 7, 10, 22, 23 et 4 p. 100 de la matière desséchée à 100 degrés. Ces cendres renferment une proportion très forte de carbonate de potasse, au moins le tiers. Comme dans es manufactures de France on brûle les côtes, et que es employés de la culture brûlent aussi les tiges et les acines, il en résulte que journellement les cendres de tabac sont livrées au commerce, à cause de la potasse qu'elles contiennent.

§ III. *Hygiène*. Cela peut paraître étrange au premier abord, mais on est très peu fixé sur les modifications que l'usage du tabac introduit dans les fonctions animales. Toutefois, quand on réfléchit que les résultats de son action dépendent des dispositions constitutionnelles et des conditions hygiéniques des personnes qui en font usage et des diverses doses auxquelles on l'emploie, on ne s'étonne plus des variations innombrables que présentent les faits observés souvent sans beaucoup de soin, et des difficultés qu'on rencontre à les coordonner.

1° *Tabac pris comme médicament*. Quand on administre le tabac comme médicament, il engourdit les fonctions vitales par sa vertu narcotique; comme poison, il anéantit ces fouctions après les avoir violemment excitées. Nous ne dirons ici ni les guérisons extraordinaires qui lui ont été attribuées, ni les accidents qu'il a pu causer. Longtemps on s'est servi de lavements de fumée de tabac dans le cas d'asphyxie par immersion, pour rappeler à la vie des noyés dont les intestins avaient perdu presque toute leur impressionnabilité : celle-ci se réveillait sous l'influence d'une irritation dangereuse dans la plénitude de la vie, mais utile dans l'état d'engourdissement qui précède la mort.

Quant aux cas d'empoisonnement par le tabac, ils ne sont pas moins nombreux que ceux de guérison; ils ont seulement le malheureux avantage d'être bien prouvés, tandis que les derniers sont si peu démontrés qu'on a renoncé à se servir du tabac comme médicament. Santeuil mourut, comme on sait, pour avoir bu un verre de vin dans lequel, par une cruelle plaisanterie, on avait mis du tabac d'Espagne.

Quant aux accidents attribués à l'action d'une atmosphère chargée des émanations de tabac, il est probable qu'ils sont supposés, car les ouvriers des manufactures de tabac ne contractent aucune maladie particulière à leur travail, et s'il faut en croire quelques rapports de médecins attachés aux manufactures royales, ils paraissent même se trouver très bien de l'influence de ces émanations.

Cherchons maintenant à apprécier l'influence physiologique et morale que le tabac exerce dans les usages ordinaires. On sait qu'on prend du tabac en fumée par la bouche, en poudre par le nez, en feuille par la bouche.

2° *Tabac à fumer*. C'est sans doute comme moyen d'assainissement, et pour éloigner les insectes innombrables qui affligent les pays peu habités, que les sauvages du nouveau monde imaginèrent de bourrer des feuilles sèches de tabac dans des roseaux et d'en aspirer ensuite la fumée pour la répandre autour d'eux. C'est du moins une explication plausible d'un tel usage puisque les Lapons, par exemple, brûlent autour de leurs cases des espèces d'agaries dont la fumée écarte les insectes.

Si l'on explique facilement l'usage de la pipe parmi les sauvages de l'Amérique, il n'en est pas de même en Europe, car l'habitude de fumer ne s'acquiert qu'au prix d'un noviciat peu encourageant. La première fois qu'on fume, on est saisi de symptômes d'empoisonnement, vertiges, maux de tête, vomissements. Ces symptômes disparaissent peu à peu, lorsqu'on a le courage de recommencer. Dans tous les cas, une fois qu'on a vaincu la première répugnance (et l'invention des cigarettes est destinée à rendre cette victoire si facile, que les femmes se hasardent à fumer), l'habitude prend une telle force qu'on voit rarement un fumeur y renoncer. Elle procure un enivrement auquel on se livre avec plaisir et qui fait passer le temps dans l'oubli des ennuis qui assiègent tout homme, souvent dans l'oubli du devoir. Nous ne croyons pas aux empoisonnements immédiats par la fumée du tabac, et nous n'avons pas assez d'observations connues pour savoir si la santé des fumeurs est altérée par cet usage, et si la vie moyenne en est diminuée. Néanmoins le tabac est bien réellement un poison; il ne peut produire que du mal, mal auquel résistent les constitutions robustes des hommes mûrs, mais qui doit avoir une action réelle sur l'enfance. Une organisation faible qui n'a pas assez de vigueur pour lutter contre l'influence détériorante d'une substance délétère, ne saurait se développer convenablement et prendre la force dont elle a besoin en s'usant au contact d'un poison. D'autre part cet usage n'étant pas naturel, détourne les besoins de leur voie directe, et, comme un besoin satisfait en appelle un autre, l'habitude de la pipe chez les enfants peut engendrer en eux une habitude plus malfaisante lorsqu'ils seront devenus hommes. Déjà, pour les fumeurs déterminés, il n'est pas de tabac assez fort. Qui sait donc si l'usage de l'opium ne viendra pas succéder à celui du tabac? Dans tous les cas, si l'usage de la fumée de tabac ne nuit pas immédiatement et toujours à la santé du corps, il nuit certainement à celle de l'intelligence, dont il endort les forces. Les peuples de l'Orient, autrefois si puissants, aujourd'hui si mortellement engourdis, doivent peut-être une partie de leur dégradation à ce vice que l'on met tant en honneur parmi nous. Le tabac facilite le penchant qu'ont tous les hommes à ne rien faire, en diminuant l'ennui et le remords que l'inaction complète ne manque jamais de faire naître. Il dissout les réunions de la famille, d'où les hommes s'échappent pour aller fumer. Voyez les tavernes où l'Allemand, le Flamand, l'Anglais, le Hollandais vivent sans causer, sans penser, heureux d'être plongés dans une fumée épaisse qui semble, avec la bière, leur procurer plus de jouissance que ne feraient les épanchements du coin du feu.

3° *Tabac à priser*. L'usage du tabac en poudre ne remonte pas moins haut que celui du tabac à fumer. On prise, soit pour le seul plaisir d'aspirer une matière odorante, soit aussi pour se procurer une excitation directe et souvent renouvelée. C'est un plaisir facile à se procurer, qui ne demande aucune préparation, qui n'exige aucune perte de temps et qui ne peut d'ailleurs causer sur l'économie animale une action aussi détériorante que ferait la fumée de tabac. Cet usage autrefois général, pour ainsi dire aristocratique, car les cadeaux de tabatière étaient des présents royaux, ne s'étend guère aujourd'hui comparativement à celui du tabac à fumer. Il semble avoir atteint sa limite.

4° *Tabac à mâcher*. Si les personnes, qui font usage du tabac à mâcher, mâchaient réellement le tabac et avalaient la dissolution résultante, ce serait de tous les usages du tabac le plus pernicieux; mais la *chique* ne fait que séjourner entre les parois internes des joues et la face externe des dents inférieures, et elle n'a d'action que par l'effet de son séjour dans la bouche ou par une succion très faible. C'est une habitude réservée aux marins parce que l'usage de la pipe leur est interdit. Elle est prise aussi par les pauvres parce qu'elle est moins chère que celle de la pipe. Du reste, elle n'est

pas moins persistante que les deux autres habitudes.

§ IV. *Impôt sur le tabac en France.* La plupart des gouvernements européens ne tardèrent pas à mettre un impôt sur ce nouveau genre de consommation, dont le succès promit, dès son apparition, un revenu considérable; mais le gouvernement français comprit le premier quel parti le trésor pouvait en tirer. C'est Richelieu qui, en 1621, fit tarifer la consommation du tabac à 40 sous le 100 pesant. La levée de cet impôt resta placée dans les attributions de la ferme générale jusqu'en 1697. A cette époque, la ferme du tabac fut distraite de la ferme générale, et louée à un particulier moyennant 150.000 livres pour l'Etat, et une somme annuelle de 100.000 livres qui devait être payée à la ferme générale pour abonnement des droits d'entrée, de sortie et de circulation. Le prix du bail s'éleva jusqu'à 4 millions en 1718; le bail fut repris alors par la ferme générale, qui paya pour cette exploitation particulière un loyer toujours croissant, et qui fut porté à 32 millions en 1790. A cette époque, le prix du tabac était à peu près le même qu'aujourd'hui; c'est à dire que la ferme le vendait 3 livres 6 sous, et le débitant 4 livres tournois la livre. La quantité totale de tabac vendu s'élevait à 7 millions de kilogr., et la ferme faisait un bénéfice réel d'environ 6 millions de francs.

Sous le régime de la ferme, la culture était prohibée; sept manufactures, situées à Paris, Dieppe, Morlaix, Tonneins, Cette, le Havre, Toulouse et Valenciennes, fournissaient à tous les besoins de la France. Trois provinces, cependant, la Franche-Comté, la Flandre et l'Alsace, avaient le privilége de la liberté de la culture, de la fabrication et de la vente. Du reste, c'était par des lois d'une rigueur extrême que la ferme défendait ses droits dans toute la France; on ne se contentait pas de punir la fraude par l'amende et les galères: des tribunaux spéciaux appliquaient même la mort aux coupables du crime odieux d'avoir soustrait à l'impôt quelques livres de tabac.

On pense bien que l'Assemblée nationale ne laissa pas debout un régime aussi contraire aux idées libérales. Malgré l'opposition de l'abbé Maury, de Cazalès, de Barnave, de Mirabeau, elle décréta, le 24 février 1791 : « Qu'il serait libre à toute personne de cultiver, fabriquer et débiter du tabac dans le royaume; que l'importation du tabac étranger fabriqué, continuerait à être prohibée, et que le tabac étranger en feuilles pourrait être importé moyennant une taxe de 25 livres par quintal, réduite aux trois quarts pour les navires français qui importeraient directement du tabac d'Amérique. »

C'était donc un simple droit de douane que l'on substituait au régime antérieur, aussi le revenu que le trésor retirait du tabac se réduisit presque à rien. C'est en vain que l'on diminua d'abord les droits d'entrée (décret du 5 septembre 1792) pour les rétablir ensuite en l'an V; c'est en vain que l'on décréta en l'an VI que les droits sur les tabacs venant de l'étranger seraient augmentés de manière à donner un produit de 10 millions : ce n'était pas assez de décréter un revenu en principe; il fallait déterminer les moyens par lesquels on parviendrait à le percevoir, et d'ailleurs les besoins de l'État, toujours croissants, sollicitaient une prompte réforme dans l'administration chargée de la levée des impôts. Le 22 brumaire an VII on décréta un droit d'entrée de 30 francs par quintal sur les feuilles étrangères importées par les navires étrangers, et de 20 francs sur les tabacs importés par les navires français. On assujettissait en outre à une taxe de 4 décimes par kilogr., le tabac fabriqué en poudre et en carotte, et à une taxe de 24 centimes le tabac à fumer et en rôle. La culture du tabac restait complétement libre. On prenait de nombreuses précautions pour assurer le recouvrement de l'impôt, mais afin d'éviter les *formes vexatoires et contraires aux droits de citoyens*, on chargeait les administrations municipales de la surveillance de la fabrication et de la vente. Cette surveillance, était trop indulgente, car le revenu du trésor augmentait à peine; aussi la loi du 10 floréal an X transféra cette surveillance à la régie de l'enregistrement, en même temps qu'elle augmentait les droits de fabrication, les amendes et les précautions nécessaires pour assurer la perception. L'impôt restait encore au-dessous de 5 millions; aussi le 5 vendémiaire an XII intervient une loi qui décrète des licences et pour les fabricants et pour les débitants; le droit d'entrée s'élève successivement pour les tabacs importés par les navires étrangers, de 100 francs, où il était en l'an XII, à 200 fr. en 1806, à 440 fr. en 1810, et, pour les tabacs importés par les navires français, de 80 fr. à 180 et 396. Il est de plus créé un droit de vente pour le fabricant, et des vignettes dont le prix est fixé à 1 centime. La culture est grevée à son tour; les planteurs sont assujettis à des déclarations de culture, à des acquits à caution, à des visites perpétuelles des employés de la régie de l'enregistrement. A la faveur de toutes ces mesures, l'impôt s'accrut, mais en l'an XII il atteignit à peine 9 millions, en l'an XIII 12 millions, en l'an XIV 16 millions, et les années suivantes il resta au-dessous de cette limite extrême. Il fallait donc, pour tirer parti de ce genre de consommation, pour rendre au trésor ces 30 millions et plus qu'il rapportait autrefois, en finir avec les demi-mesures et avoir recours à un remède énergique. L'Empereur, peu habitué aux moyens-termes, ne recula devant aucune des conséquences du régime qu'il va établir.

Il s'exprime ainsi dans le préliminaire du décret du 29 décembre 1810 : « Les tabacs qui, de toutes les matières, sont la plus susceptible d'imposition, n'avaient pas échappé à nos regards. L'expérience nous a démontré tous les inconvénients des mesures qui ont été prises jusqu'à ce jour. Les fabricants étant peu nombreux, il était à prévoir que l'on serait obligé d'en réduire encore le nombre. Le prix du tabac fabriqué était aussi élevé qu'à l'époque de la ferme. La plus faible partie des produits entrait au trésor, le reste se partageait entre les fabricants. A tant d'abus se joignait celui que les agriculteurs étaient à leur merci.

« Après de mûres réflexions, nous avons jugé que toutes les considérations, même les intérêts de l'agriculture, veulent que la fabrication du tabac ait lieu par une régie au profit du trésor; que la culture sera suffisamment garantie et protégée lorsque nous imposerons à la régie l'obligation de ne fabriquer les tabacs qu'avec les produits de la culture du sol français; que la consommation restant ainsi la même, l'agriculture ne pourra recevoir aucun dommage de l'établissement de la régie, et qu'enfin sans augmenter les charges de nos peuples, nous acquerrons une branche de revenus qu'on évalue à près de 80 millions, ce qui permettra d'apporter une diminution de pareille somme au tarif des contributions personnelle et foncière. »

Ainsi, en suivant une marche timide, par des conquêtes successives sur les franchises accordées par l'Assemblée nationale, l'impôt des tabacs arrive enfin au régime actuellement en vigueur. Ce régime n'est accepté par la Restauration que comme mesure provisoire, et en 1819, les Chambres, saisies pour la première fois des questions qu'il soulève, le prorogent jusqu'au 1er janvier 1826. Par des prorogations successives, après des discussions très approfondies, après une enquête faite par la Chambre des députés, l'existence de ce régime, maintenu d'abord jusqu'en 1829, puis jusqu'en 1837 et 1842, est enfin assurée jusqu'en 1852. Il n'a subi depuis son établissement que des changements peu sérieux, car il a atteint le but qu'on se proposait; il donne un revenu de plus en plus considérable, et il va tantôt produire ces 80 millions annoncés par Napoléon.

C'est ce régime que nous nous proposons d'exposer en le prenant pour exemple d'une industrie où les mécomptes sont sagement évités, où les produits sont sûrement calculés d'après la consommation probable, où le gain de l'ouvrier n'est pas successivement diminué pour augmenter outre mesure les bénéfices du capitaliste, où l'on ménage les intérêts de tous pour faire les plus gros bénéfices sans mécontenter personne : organisation de travail que nous voudrions voir imiter par les industries privées. Ce régime a pour base la restriction de la culture, qui n'est permise qu'à certains départements moyennant des licences et sous la surveillance incessante des employés de l'administration ; le monopole de la fabrication exclusivement réservé à l'administration et celui de la vente cédé à des débitants commissionnés.

§ V *Législation étrangère relative au tabac.* Dans les États-Unis d'Amérique et dans quelques États de l'Europe, l'industrie du tabac est laissée à la libre concurrence, et ne diffère en rien des autres industries. Tout en restant facultative elle est réglementée par des lois particulières dans certains États de l'Europe ; d'autres États ont mis cette industrie en ferme, et quelques-uns en ont fait un monopole qui est exploité par le gouvernement lui-même.

1° *Pays de régime libre.* Dans les États-Unis d'Amérique, l'industrie du tabac consiste surtout dans la culture, la vente et l'exportation de tabacs en feuilles qui s'expédient sur tous les points du globe. La fabrication porte sur 1 million 1/2 de kilogr. de tabac environ ; ce tabac est destiné à la consommation intérieure ou à l'exportation dans quelques contrées de l'Amérique. Cette fabrication et la vente ne sont soumises à aucune espèce de contrôle. Mais comme il est dans l'intérêt des divers États de donner le plus de garanties possibles aux amateurs des diverses nations, et de faciliter la vente du tabac, qui est une des principales richesses du pays, les tabacs en feuilles destinés à être exportés, sont soumis, dans les magasins publics, à une inspection faite par des officiers jurés. Ces officiers dépouillent les *boucauts* afin de reconnaître si le tabac y est homogène, s'il est loyal et *marchand ;* dans ce cas, ils en détachent des types qui servent à conclure la vente. Quand les tabacs sont reconnus non marchands, ils l'indiquent par le mot *refusé*. Ces derniers tabacs sont consommés dans le pays ou expédiés selon leur valeur évaluée à l'amiable.

L'exportation n'est soumise dans les États-Unis à aucun droit ; elle est variable suivant les années dans des proportions assez considérables ; elle s'est élevée, en 1840, à 144 millions de kilogr. environ. Sur cette quantité, la Virginie, les Carolines et la Géorgie ont expédié 67.000 boucauts, ou 45 millions de kilogr. ; le Maryland, l'Ohio et la Colombie, 39.000 boucauts, ou 16 millions de kilogr.

Nous n'avons parlé que des tabacs exportés en feuilles. Les principales exportations de tabacs fabriqués consistent en tabacs à mâcher, dont il existe dans toute l'Amérique, et surtout dans la Virginie, renommée pour ce produit, de nombreuses fabriques.

Dans l'île de Cuba, il règne la plus entière liberté tant pour la liberté que pour la fabrication et la vente du tabac. Mais l'exportation d'ailleurs facultative, est soumise à un droit de sortie de 1 fr. 25 c. par millier de cigares.

Le nombre de fabriques de cigares qui s'élèvent à Cuba n'est pas connu ; les produits de ces fabriques sont consommés dans le monde entier. L'exportation des cigares a été, en 1840, de 171 millions ; les plus estimés viennent surtout de la Havane.

Porto-Ricco et la Terre-Ferme exportent aussi une assez grande quantité de tabac, mais la culture y est moindre aujourd'hui qu'autrefois. C'est de la Terre-Ferme que proviennent les tabacs de *Varinas*, dont on fait pour la pipe un grand usage en Hollande et en Allemagne.

Ainsi, en Amérique, le tabac est une source, non pas de revenu pour les gouvernements, mais de richesse pour l'agriculture et l'industrie particulière. On y cultive le tabac non pas seulement pour la consommation intérieure, mais principalement pour l'exporter dans le monde entier. On ne cherche pas à grever d'un impôt une plante qui est un des plus beaux produits du pays et une des principales branches de son commerce.

2° *Pays placés sous le régime simple de l'impôt.* L'Europe, malgré la transplantation générale du tabac qui y a été faite, ne saurait s'affranchir complétement du tribut qu'elle doit payer à l'Amérique pour ses tabacs, dont la supériorité est incontestable. On conçoit donc que les États de l'Europe n'ont pas le même intérêt que ceux d'Amérique à protéger ce genre de production, et on comprend qu'ils l'aient frappé d'un impôt particulier. Cependant dans un grand nombre d'États d'Europe l'industrie du tabac est laissée à la libre concurrence : Danemarck, Suède, Russie, Hollande, Belgique, la Suisse moins le Valais, et les États d'Allemagne qui forment maintenant le Zollverein. La fabrication et la vente des tabacs n'y sont gênées par aucun contrôle ni par aucunes restrictions spéciales ; seulement la fabrication, la vente, la culture et l'importation des feuilles étrangères y sont soumises à des impôts plus ou moins élevés, comme sont tous les autres commerces, toutes les autres industries :

	Production	Importation de tabac étranger	Consommation individuelle
Danemarck (1840).	—	—	1k,030
Suède (1840).	—	—	0k,530
Russie (1840).	10.000.000k	2.000.000k	—
Belgique (1843).	2.196.609k	10.474.143k	2k,000
Hollande (1840).	2.500.000k	2 000.000k	1k,310
Zollverein (1842).	27.069.500k	14.200.500k	1k,389

Le régime auquel est soumise l'introduction du tabac est homogène dans tout le Zollverein qui réunit tous les États germaniques, à l'exception seulement des États autrichiens au midi, du Hanovre et des villes anséatiques au nord. Un droit d'entrée de 11 fr. 25 c. frappe le quintal de 100 kil. de tabacs en feuilles importées ; un droit double frappe le tabac fabriqué ordinaire ; les 100 kil. de cigares sont taxés à 112 fr. 50 c. Ce droit est très élevé, surtout en comparaison du bas prix du tabac. Aussi la culture de cette plante a-t-elle pris en Allemagne un développement considérable depuis l'établissement du Zollverein. Le Zollverein a reçu, en 1842, 6.583.811 fr. de droits d'entrée, c'est-à-dire que le tabac fournit 7 p. 100 du total des droits d'entrée de l'association allemande.

Dans les États du nord du Zollverein, la Saxe, la Hesse électorale, la Thuringe et la Prusse, on prélève en outre un impôt *de passage* de 5 fr. par 100 kil. pour le tabac qui provient des États du sud. Enfin, en Prusse, les terres plantées en tabac sont soumises à un impôt spécial proportionnel à leur étendue et à leur fécondité.

3° *Pays placés sous un régime restrictif.* L'Angleterre, tout en laissant à l'industrie privée la libre concurrence de la fabrication et de la vente du tabac, retire de l'impôt assis sur cette matière un énorme revenu. La culture du tabac y est absolument interdite ; mais outre un droit d'importation très élevé, il y a des droits de licence, de fabrication et de débit, qui font monter le revenu total à 80 millions de fr. Ce revenu, à peu près égal à celui que le gouvernement français retire actuellement, est assis sur une consommation moins considérable d'un tiers que celle de France. Cette différence provient de ce que l'impôt qui pèse sur cette marchandise est beaucoup plus fort en Angleterre

qu'en France. Sans compter les droits de licence, de fabrication ou de vente qui ne sont qu'une très minime fraction de l'impôt total, puisqu'ils ne s'élèvent qu'à 1.200.000 fr., l'impôt monte en Angleterre à 8 fr. 12 c. par kilogramme, et il n'est en France, comme nous l'expliquerons plus loin, que de 4 fr. 74 c. Le droit que paye le tabac en Angleterre est donc le double de celui qu'il paye en France. Cependant, si l'Angleterre consommait autant que la France, c'est-à-dire 45 millions de kil., l'impôt ne rapporterait que 110 millions, tandis qu'avec une taxe double l'impôt s'élèverait en France à 150 millions. La législation française est donc plus profitable à l'État que la législation anglaise; elle n'est pas moins avantageuse au consommateur, car la taxe que le tabac supporte en élève les prix, par kilogramme :

	En Angleterre.	En France.
Pour le tabac à fumer,	à 9fr,51 et 10fr,83	8 et 12 fr.
Pour la poudre. . . .	à 9fr,51 et 14fr,93	8 et 12 fr.

Il est juste de dire qu'en France la régie paye assez convenablement ses ouvriers et ses employés, et ne cherche pas à réduire constamment ses salaires, comme feraient de simples fabricants, d'où il résulte qu'elle fabrique à un prix plus élevé qu'en Angleterre. Il faut ajouter aussi que les fabricants anglais introduisent dans leurs tabacs une quantité d'ingrédients étrangers, qui ne sont pas soumis aux droits, puisque la fabrication augmente de 25 p. 100 la quantité de matière première. En outre, le droit d'importation étant considérable, il se fait en Angleterre une contrebande très active. La consommation légale du royaume britannique n'était en 1842 que de 10 millions de kilogrammes de tabac ordinaire et de 86,000 kil. de cigares; on doit présumer que la consommation réelle a atteint un chiffre double, soit à cause de la contrebande, soit à cause de la sophistication. On a vu en effet la consommation individuelle légale diminuer avec l'augmentation de droit du tarif de 1841, ce qui prouve que cette augmentation de droit n'a été qu'une prime pour la fraude. Dans tous les cas le tabac est plus cher en Angleterre qu'en France, et ni le trésor ni les consommateurs n'ont intérêt, en France, à changer le système de l'impôt pour adopter le système suivi de l'autre côté du détroit.

4° *Régime de la mise en ferme.* Les États qui ont mis en ferme l'industrie du tabac sont : Portugal, Naples, Toscane, Pologne et Valais (Suisse), et enfin l'Espagne depuis le 1er mai 1844. En Toscane, Portugal et Espagne, la culture est absolument interdite; à Naples et en Pologne elle est restreinte; dans le Valais elle est interdite aux particuliers et permise à la ferme seulement. Quant à l'importation, la fabrication et la vente, elles sont absolument interdites, excepté à la ferme dont le prix du bail constitue la totalité de l'impôt; seulement en Portugal et dans le Valais il y a en outre un droit d'importation.

	Production. kilogr.	Importation kilogr.	Produit de l'impôt.	Consommation individuelle
Portugal.	—	1.300.000	8.500.000f	—
Toscane.	—	400.000	1 400.000	0k,290
Naples.	500.000	330.000	4.500.000	—
Pologne.	1.200.000	400.000	1.200.000	0k,331
Valais.	24.000	—	6.800	—
Espagne.	—	—	40 000.000f	—

5° *Régime du monopole.* Les États qui appartiennent en Europe au régime du monopole exercé par le gouvernement sont : Parme, États sardes, États romains, Autriche moins la Hongrie. Dans deux de ces États, Parme et les États sardes, la culture est interdite; elle n'est que restreinte dans les États romains et l'Autriche. L'impôt provient, comme en France, de l'excédant du prix de vente sur le prix de revient.

TABAC.

Il n'a pas dependu de nous de rendre les détails qui précèdent plus complets, car il est bien difficile d'obtenir des renseignements sur l'état de toute industrie soit à l'étranger, soit même en France. Les comptes rendus publiés par le gouvernement sont d'une imperfection réellement extraordinaire. On peut en juger d'après les erreurs dont est remplie l'enquête faite sur le tabac en 1836, par la Chambre des députés, qui certes se trouvait en position d'exiger des renseignements exacts; nous nous en sommes d'abord rapporté aux chiffres publiés par la commission de la Chambre, mais nous avons bientôt reconnu qu'ils se contredisaient les uns les autres et qu'ils n'étaient d'accord sur aucun point avec l'état de l'industrie du tabac à l'étranger. Dans tous les cas, il résulte évidemment de tous les détails que nous avons donnés, quelque incomplets qu'ils soient d'ailleurs, que le meilleur moyen de prélever un impôt très considérable sur la consommation du tabac consiste à en faire une industrie exploitée par l'Etat lui-même. L'histoire rapide que nous avons faite des vicissitudes subies par cet impôt en France conduit à la même conclusion, car malgré tous les efforts faits pour concilier un revenu considérable avec un régime plus ou moins libre, ce revenu atteignait à peine 15 millions, et dès l'établissement du monopole par l'Etat sans aucune transition pour ainsi dire, il a tout à coup plus que doublé. Nous croyons aussi que, dans l'intérêt du trésor, le monopole du tabac exploité par l'Etat est bien préférable à la cession qui en serait faite à une compagnie. L'Etat absorbe non seulement l'impôt établi sur la marchandise, mais encore les bénéfices que feraient les industriels adjudicataires de la ferme. Cette industrie abandonnée par l'Etat, deviendrait, comme toutes celles qui exigent des capitaux considérables, la proie d'un petit nombre de spéculateurs, et le consommateur n'aurait certainement pas un produit meilleur et moins cher. Comme l'impôt du tabac est le plus juste de tous les impôts, et que l'Etat ne peut en retirer un revenu considérable qu'au moyen du monopole, nous soutenons ce monopole comme une exception très raisonnable. Cependant la raison de l'intérêt du trésor n'est pas complétement suffisante pour expliquer une telle mesure, car autrement l'Etat devrait se faire fabricant de sucre, par exemple, et couper court ainsi à toutes les difficultés qui lui sont suscitées par les deux industries rivales des colonies et des ports de mer d'une part, et des fabricants de sucre de betterave d'autre part. Il y a encore, selon moi, je le répète, une raison bien légitime à donner de la confiscation d'une industrie semblable par l'Etat : c'est la surveillance qu'il doit exercer sur la fabrication d'un produit nuisible, auquel la corruption de nos mœurs pourrait mélanger des produits plus nuisibles encore; ce sont les empêchements qu'il doit apporter à sa généralisation, ce sont les entraves qu'il met par un impôt à l'adoption générale d'une déplorable habitude.

§ VI. *De la culture du tabac en France.* La culture du tabac en France n'est autorisée que dans six départements; ce sont ceux où la culture était la plus considérable sous le régime de libre plantation : le Nord, le Pas-de-Calais, le Bas-Rhin, le Lot, le Lot-et Garonne et l'Ile-et-Vilaine. Dans ces départements, quelques arrondissements, et dans les arrondissements, quelques cantons seulement, sont appelés à jouir du privilége de planter du tabac, sous le contrôle incessant des employés de la Régie. Cependant ce n'est pas au terrain, mais bien au propriétaire du terrain, qu'est accordé ce privilége, de telle sorte que ce ne sont pas toujours les mêmes terrains qui sont plantés en tabac. Il arrive que beaucoup de propriétaires ou fermiers renoncent volontairement au privilége qui leur est accordé, soit à cause du régime arbitraire auquel ils sont soumis, soit pour des raisons personnelles, et le privilége change souvent de main

Les autorisations de planter du tabac sont accordées par le préfet du département, qui d'ailleurs est chargé, par la loi du 28 avril 1816, de tous les arrêtés réglementaires concernant la culture. La Régie fixe chaque année la quantité de tabac dont elle a besoin pour son approvisionnement, et répartit cette quantité entre les divers départements producteurs. Pour faire cette répartition, on tient compte sans aucun doute des quantités que chacun d'eux est dans l'habitude de fournir; mais, comme tout dans le monopole du tabac est subordonné à l'intérêt de l'impôt, auquel on est toujours disposé à sacrifier la culture, on fait en sorte de demander l'approvisionnement aux cultures dont les produits conviennent le mieux aux besoins de la fabrication, et peuvent être obtenus aux prix relativement les plus modérés.

L'uniformité ne peut être établie entre les diverses contrées pour ce qui concerne les diverses méthodes de culture, car les différents sols ne sont pas partout également fertiles, les engrais ne sont pas partout également abondants et de même nature. L'espèce de tabac cultivée n'est pas non plus partout la même; sur certains points, la graine qu'on emploie donne des plants d'une très grande dimension; sur d'autres points, les plants prennent une croissance beaucoup moindre, et par conséquent ont besoin de moins de place. Enfin, certains départements produisent du bon tabac pour la poudre, et par conséquent doivent prendre une forte végétation : ce sont le Lot, le Nord, le Lot-et-Garonne, l'Ile-et-Vilaine. D'autres, comme le Pas-de-Calais et le Bas-Rhin, au contraire, produisent des tabacs légers, propres surtout à la fabrication du tabac à fumer, et par conséquent on doit s'abstenir d'amender les terres, et d'espacer beaucoup les plants. Ce sont ces considérations qui ont déterminé la Régie à permettre 40,000 pieds de tabac par hectare, et jusqu'à 15 feuilles par pied dans certains départements, tandis que dans d'autres départements on n'accorde que 10.000 pieds par hectare et 8 feuilles par pied. Dans tous les cas, la loi et les dispositions réglementaires prises en conséquence laissent au planteur la latitude d'un cinquième tant au-dessus qu'au-dessous du nombre de pieds portés dans son permis. Le service actuel de la culture est chargé d'assurer l'exécution des règlements qui sont arrêtés chaque année par les préfets en conseil de préfecture. Les agents de ce service sont ainsi appelés à vérifier si les semis, puis les plantations remplissent les conditions voulues par les permis, à rechercher les plantations non autorisées et à assurer leur destruction, à surveiller l'écimage, à compter les pieds, puis les feuilles de chaque pied, à constater les dégâts éprouvés par les plantations, pour que les cultivateurs puissent être déchargés de leurs obligations, à faire détruire après la récolte les tiges et les racines, à surveiller constamment les abus auxquels donne lieu le dépôt du tabac entre les mains des planteurs jusqu'au moment où il est remis dans les magasins de l'Etat, ou parti pour l'étranger, s'il doit être exporté. Enfin, ils assistent à la réception des tabacs par les experts commis à cet effet. Ce service est dirigé dans chaque département à culture de tabac, par un inspecteur chargé en même temps de la surveillance des magasins des feuilles; 185 agents suffisent d'ailleurs à tous les soins qu'il exige, sauf au moment des inventaires. On prend alors des employés auxiliaires pour exécuter les travaux extraordinaires qui se présentent.

La préparation du tabac par les planteurs exige, en moyenne, à peu près quinze mois de soins assidus. D'abord le tabac est élevé en plants, dont le semis se fait dans la première quinzaine de février; le tabac est ensuite repiqué, et la récolte se fait en août et en septembre. On procède ensuite à la dessiccation, et ce n'est que dans le mois de mai suivant que le tabac est livré à la Régie. Pour préparer les terres il ne faut pas moins de trois labours à la charrue, et après la plantation il faut labourer à la bêche, rapprocher la terre des pieds, sarcler les herbes parasites, abattre les feuilles inférieures, feuilles de terre, écimer les plants et abattre les rejets. On procède ensuite à la récolte, on porte le tabac au séchoir, on fait le triage des feuilles, on les met en manoques, c'est-à-dire en poignées plus ou moins fortes, selon l'usage du pays, et liées par la tête au moyen d'une feuille cordée; on livre enfin les manoques a la Régie.

Lorsque le planteur vient livrer ses tabacs aux magasins de l'État, il les présente à l'appréciation d'experts nommés par le préfet de chaque département où la culture du tabac est autorisée. Ces experts doivent être connaisseurs, n'avoir aucun intérêt dans la culture du tabac, et parmi eux doivent se trouver nécessairement le garde et le contrôleur de chacun des magasins où les tabacs sont livrés. La commission d'expertise divise les tabacs en trois classes, fait de plus une classe de tabacs non marchands qui sont achetés à des prix très réduits, et une classe de tabacs rejetés que l'on brûle. Les prix qui sont appliqués à chaque classe varient pour les divers départements et sont fixés par la Régie d'après la qualité relative des tabacs de divers crus, en prenant pour terme de comparaison les prix des tabacs d'Amérique de qualité correspondante.

La totalité des frais que le service de la culture exige ne s'est élevée en 1844 qu'à 281.622 fr., outre 95.000 fr. payés comme indemnités aux experts chargés du classement des tabacs livrés par les planteurs. Cette dernière dépense est effectuée au moyen d'une retenue de 1 centime par kilogr. sur ce qui revient aux planteurs, et elle ne coûte rien à l'État. Les frais de service de culture payés par l'État, ne sont, en conséquence, que de 2 fr. 38 c. par quintal de feuilles de tabac utilisées dans les manufactures.

Le tableau suivant rend compte de l'état actuel de la culture du tabac en France.

Tabacs indigènes de la récolte de 1843, *livrés en* 1844.

NOMS des départements.	Nombre des		Quantités		
	Planteurs.	Hectares.	Demandées à la culture.	Livrées et donnant lieu à paiement.	Exportées
			kil.	kil.	
Bas-Rhin. .	5635	2753	4000000	4660875	503759
Nord. . . .	2216	1181	3200000	2657306	53000
Ile-et Vil. .	922	461	950000	554759	»
Pas-de-Cal.	1911	574	970000	973554	113932
Lot.	6267	1651	1300000	1263907	»
Lot-et-Gar.	4169	2959	1900000	1659835	»
Totaux. .	21170	9579	12320000	11770235	680691

La culture du tabac est complétement à la merci de l'administration, et les planteurs sont soumis au régime le plus arbitraire qu'il soit possible d'imaginer. Dès qu'ils ont la permission de planter, ils sont sous la dépendance da la Régie, dont les employés veillent constamment sur les champs de tabac, et punissent d'amendes considérables les moindres infractions aux règlements; les planteurs sont forcés de passer par toutes les conditions qui leur sont faites, et d'accepter les décisions de la Régie et les prix qui leur sont donnés. Les prix furent dans l'origine de l'établissement du monopole assez considérables pour encourager l'agriculture à supporter patiemment le régime de dépendance auquel elle est soumise dès qu'elle cultive du tabac. Mais, à dater de 1836, ils furent à peine suffisants pour indemniser le planteur de ses frais, et nul doute que l'agriculture, si les tarifs fixés à cette époque n'eus-

sent pas été un peu augmentés, aurait bientôt renoncé, dans plusieurs départements, au moins, à la culture du tabac. C'était du reste évidemment l'intention de l'administration, encouragée à suivre cette voie par le haut commerce et la grande industrie des transports qui désiraient vivement avoir à acheter et à transporter les 10 à 11 millions de kilogr. de feuilles annuellement fournis par la culture indigène. L'administration a renoncé depuis 1842 à cette pensée, et nous sommes heureux d'avoir contribué à ce résultat, en combattant vivement par la voie de la presse le projet non avoué de dépouiller l'agriculture de quelques-uns de nos départements de quelques bénéfices qui eussent été absorbés par l'agriculture étrangère.

D'après une moyenne de treize ans, le taux moyen de 100 kilogr. jusqu'en 1836, était de 70 fr. 84 c., ce qui portait le revenu de l'hectare à 868 fr. 19 c. Un nouveau tarif fixé par décision ministérielle du 17 août 1835, ne fit plus monter pendant la seconde période de quatre ans, de 1837 à 1840, le taux des 100 kilogr. qu'à 60 fr. 38 c., et le revenu de l'hectare ne fut plus que de 708 fr. 87 c. Pendant cette même période, la quantité de tabac prise à la culture baissa de 12 millions à 8 millions de kilogr., l'administration ayant décidé que le tabac indigène n'entrerait plus dans la fabrication que pour les quatre cinquièmes, au lieu des cinq sixièmes.

Depuis 1841, le prix moyen des 100 kilogr. s'est successivement relevé; le tableau suivant rend compte de l'état actuel des revenus que procure la culture du tabac par hectare, dans les divers départements où elle est autorisée, et des variations considérables que les revenus présentent d'un département à un autre.

Revenus de la culture du tabac en 1843.

NOMS des départements.	SOMMES payées.	PRIX moyen par 100 kil.	Prod. de l'hectare en kilog.	Prod. de l'hectare en argent
	fr.	fr. c.		fr.
Bas-Rhin. . .	2.021.480	43,37	1.875	813
Nord.	2.091.098	78,69	2.277	1.812
Ille-et-Vilaine.	391.732	70,64	1.203	849
Pas-de-Calais.	660.956	67,89	1.912	1.298
Lot.	1.007.119	79,68	766	610
Lot-et-Gar. .	1.433 675	86,37	561	485
Total. . . .	7.606.060	» »	» »	» »
Prod. moyen.	» »	64.61	1.228	793

Les variations que l'on remarque entre les produits s'élèvent du simple au quadruple; elles ont diminué depuis quatre ou cinq ans; mais elles ne s'expliquent pas encore complétement par la supériorité ou l'infériorité relatives des tabacs de divers crus; elles devraient par conséquent tendre a être moins tranchées.

Dans ces derniers temps, l'administration a fait quelques essais de plantation de tabac en Corse et en Algérie; il paraît que les résultats obtenus promettent d'excellents tabacs, mais l'agriculture de ces contrées ne s'est pas encore proposé de produire régulièrement et en grande quantité cette matière; il n'est pas probable que la Régie elle-même puisse faire une telle entreprise.

§ VII. *Achat des tabacs étrangers.* Les feuilles de tabac sont livrées aux manufactures par les magasins à l'état de manoques rassemblées en boucauts ou en balles, pesant de 400 à 700 kil. Les tabacs indigènes dont nous venons d'examiner la production, sont apportés par les planteurs dans les magasins; des tabacs étrangers y sont aussi directement livrés par le commerce, quand les achats ont été faits, ce qui est le cas le plus général, par suite d'une adjudication. Quand les tabacs ont été achetés par l'intermédiaire des consuls, ils y arrivent grevés de frais de transport variables qu'acquitte alors le trésor; la valeur des tabacs en magasin comprend toutes les dépenses effectuées jusqu'au moment de l'emmagasinage.

Les cigares sont les seuls tabacs étrangers fabriqués qu'achète la Régie.

Pour l'année 1844, le compte sommaire des tabacs achetés s'établit ainsi; il donne une idée exacte de la valeur réelle actuelle des différents tabacs :

11.897.192k	de tabacs indigènes pour la somme de.	7.633.687f
	Prix moyen par 100 kil. : 64 fr. 16 c.	
	Il convient d'y ajouter pour le service de la culture. .	281.622
	Ce qui porte le prix moyen à 66 fr. 53 c.	
1.647.982	de tabacs d'Europe pour. .	1.233.381
	Prix moyen par 100 kil. : 74 fr. 84 c.	
7.178.542	de tabacs d'Amérique pour. .	5.618.844
	Prix moyen général par 100 kil. : 78 fr. 27 c.	
189.894	ou 47.473.500 cigares de la Havane pour.	5.451.910
	Prix moyen par 100 kil. : 2,872 fr. 60 c.	
	— par cigare : 11c,49.	
25.158	ou 6.289,483 cigares de Manille pour.	426.879
	Prix moyen par 100 kil. : 1,696 fr. 80 c.	
	— par cigare : 6c,787.	
552	de tabacs en cours de fabrication pour.	3.026
	Prix moyen par 100 kil. : 547 fr. 93 c.	
172.650	de tabacs saisis pour. . . .	230.096
	Prix moyen par 100 kil. : 133 fr. 27 c.	
21.111.970k		20.882.445
	Prix moyen général par 100 kil. : 98 fr. 95 c.	

Les achats des tabacs en feuilles de diverses provenances d'Europe et d'Amérique se répartissent ainsi :

	Quantités.	Valeurs.	Prix moyen par 100 k.
Hongrie.	1.361.905k	934.740f	68f 63
Levant et divers crus d'Europe (Hollande, Tombeky, Macédoine, Magnésie, Argolide, Syrie, Algérie, etc.)	286.077	329.487	102 58
Cuba.	45.718	261.940	572 94
Virginie.	1.614.184	1.228.867	76 12
Maryland.	2.609.438	2.340.850	89 84
Keutucky.	2.841.832	1.526.004	53 68
Divers crus (Colombie, Chine, Java, Paraguay, Porto-Ricco, Brésil, Nouvelle-Grenade, etc.)	71.370	236.845	331 85

§ VIII. *Magasins.* Tous les tabacs achetés sont expédiés dans les vingt magasins de l'Etat où ils sont reçus, expertisés et ensuite conservés jusqu'à ce qu'il en soit demandé livraison par les manufactures. Les frais que nécessite le service des magasins montent à 708.258 fr., somme qui augmente la valeur des ta-

bacs achetés et manutentionnés dans le courant de l'année de 3 fr. 40 c. par 100 kil.

Dans les magasins ont été employés, en 1844, 1310 ouvriers tant gagistes que salariés. Le nombre des gagistes était de 118 qui ont touché 117.500 fr. 49 c., soit pour la journée moyenne, sur 38,612 jours de présence, 3 fr. 04 c. Les ouvriers salariés au nombre de 1192 n'ont reçu que 240.779 fr., ce qui fait par ouvrier 201 fr. 99 c., somme qui, au premier abord, paraît très faible, mais qu'explique la position en province de 19 magasins sur 20, et l'intermittence des travaux pour cette classe d'ouvriers.

§ IX. *Transport des feuilles des magasins aux manufactures.* La Régie a fait transporter des magasins aux manufactures, en 1844, 19.875.436 kil. de tabacs en feuilles et de tabacs saisis. En vertu d'un marché passé en adjudication publique, le 18 août 1841, pour cinq ans, à partir du 1er avril 1842, les transports s'effectuent, par *terre*, moyennant 2c,39 par quintal métrique et par kilomètre, et par *eau*, moyennant 1c,18, aussi par quintal et par kilomètre parcouru. Le taux moyen du prix de transport a été de 4 fr. 54 c. par chaque quintal, somme qui augmente d'autant la valeur vénale du tabac.

§ X. *Préparation générale du tabac dans les manufactures.* Les soins et les travaux dans les dix manufactures où se fabriquent tous les tabacs de la Régie ont porté sur 44.790.880 kil., savoir : 24.680.804 kil. existant à l'inventaire du 1er janvier 1844, et 20.110.076 kil. nouveaux (comprenant les expéditions des magasins et 234.641 kil. pris directement en charge). Toutefois les ateliers n'ont reçu, à nouveau, que :

7.952.872k	en feuilles de France.
1.882.094	en feuilles d'Europe.
8.616.795	en feuilles d'Amérique.
126	en cigares de la Havane.
16.006	de tabacs renvoyés des entrepôts.
169.959	de tabacs saisis.
10.835	de côtes.
18.648.687	en totalité.

Cette liste indique les proportions respectives des diverses sortes de tabacs manutentionnées annuellement.

Les dix manufactures de la Régie sont situées à Paris, Lille, le Havre, Morlaix, Bordeaux, Tonneins, Toulouse, Lyon, Strasbourg et Marseille. Elles occupent 4.083 ouvriers gagistes ou salariés. Chaque manufacture est dirigée par un régisseur chargé de la responsabilité générale de tous les travaux qui y sont exécutés ; un inspecteur préside particulièrement à la fabrication, et un contrôleur exerce une surveillance active sur toutes les opérations, sans pouvoir exécutif. Ces trois employés forment le conseil supérieur de la manufacture, qui prend toutes les mesures nécessaires au besoin du service. Un sous-inspecteur est adjoint à l'inspecteur dans les principales manufactures. Un directeur-général et quatre sous-directeurs, dont deux remplissent les fonctions d'inspecteurs spéciaux et ont pour adjoints deux sous-inspecteurs spéciaux, dirigent le service général et forment le conseil supérieur des tabacs, chargé de prendre toutes les décisions relatives à la culture, aux achats et à la fabrication. Le service de la fabrication se trouve ainsi composé de soixante employés supérieurs, qui, depuis 1831, se recrutent parmi les élèves de l'École Polytechnique, à moins que quelque protégé, fils ou parent d'un député ou d'un employé du ministère des finances, ne parvienne à se placer dans le service à l'aide d'un examen plus ou moins sérieux sur les mathématiques, la chimie et la physique. Cet état actuel de l'administration des tabacs n'a pas été constitué sans quelques variations. D'abord elle faisait partie de l'administration des contributions indirectes ; elle en a été séparée en 1831 et placée sous la direction d'un chef spécial qui vient d'être entouré du conseil supérieur dont nous avons parlé. Puis est arrivée une organisation des bureaux en trois grandes divisions : personnel, achats et fabrication, comptabilité. C'est ainsi que s'est étendue une administration qui ne formait autrefois que la moitié d'une des quatre divisions de l'administration des contributions indirectes.

Sur les dix manufactures, il y en a neuf qui fabriquent les tabacs ordinaires à priser et à fumer du prix de 7 fr. le kil. et les tabacs supérieurs à fumer du prix de 11 fr. 10 c. A Marseille, on ne fabrique que des cigares, soit à cause du peu d'étendue des bâtiments, soit parce qu'avant le monopole, ce genre de fabrication avait pris dans cette ville un assez grand développement qu'on lui a laissé depuis. A Paris seulement, on fabrique du tabac à priser supérieur du prix de 11 fr. 10 c. Morlaix et Tonneins fabriquent spécialement des tabacs en carotte. Enfin les manufactures de Lille et de Strasbourg produisent des tabacs à priser et à fumer d'un prix inférieur, tabacs auxquels on a donné le nom de *tabacs de cantine*. Ces tabacs à prix réduits ont pour objet de diminuer l'introduction frauduleuse des tabacs étrangers sur la frontière, en diminuant les avantages que les fraudeurs peuvent retirer de la contrebande.

La fabrication du tabac a pour but l'obtention de deux produits principaux, la *poudre* ou tabac à priser, le *scaferlati* ou tabac à fumer ; les cigares ne forment qu'une annexe de ce dernier genre ; les carottes sont destinées à tenir lieu des deux produits ; enfin, les rôles ou tabac à mâcher, sont destinés à satisfaire un goût singulier qui ne tend point à se généraliser ; quant au tabac de cantine, nous venons de voir qu'il a surtout un but fiscal à atteindre. Nous allons expliquer comment s'obtiennent ces divers produits, en commençant par les procédés de fabrication qui altèrent le moins la nature des feuilles ; auparavant nous décrirons les opérations préliminaires auxquelles sont soumises les feuilles, quelle que soit d'ailleurs leur destination : l'ouverture des boucauts, l'époulardage, la mouillade, l'écôtage.

1° *Ouverture des boucauts.* Les feuilles de tabac arrivent dans les manufactures renfermées dans des boucauts, des nattes ou des ballots de grosse toile. Le premier soin de l'inspecteur de la fabrication est de faire prendre le poids brut des boucauts, d'en faire briser l'enveloppe et d'en peser la tare, afin de prendre seulement en charge le poids réel. Chaque boucaut est alors séparé en plusieurs fragments cylindriques qui, d'après leur état, sont expédiés à l'atelier d'époulardage, les plus beaux pour le tabac à fumer, les autres pour le tabac à priser.

2° *Ecabochage.* C'est une opération qui ne se pratique que pour certaines espèces de feuilles, comme celles de Hollande, qui ont été réunies par les planteurs en manoques ayant des têtes ou *caboches* formées uniquement de grosses côtes. On coupe les caboches avec un couteau à bras, mobile à l'extrémité d'une table, autour d'un point d'attache ; les feuilles séparées sont placées dans des mannes et portées à l'époulardage.

3° L'*époulardage* consiste à délier les manoques, à les secouer de manière à faire tomber le sable et la poussière qui souillent les feuilles, à détacher celles-ci les unes des autres, à les trier, à les placer dans différentes mannes dont est entouré l'ouvrier, suivant qu'il juge qu'elles sont propres à telle ou telle destination, par exemple, à servir de *robes* pour les cigares, à entrer dans la confection des rôles, ou bien seulement, à cause de leur mauvais état de fermentation, à être réduites en poudre.

C'est une des opérations les plus essentielles de la fabrication, et une des plus pénibles pour l'ouvrier, à cause de la poussière continuelle dont il est entouré.

Le maître-ouvrier reçoit les mannes des mains des

TABAC.

ouvriers, examine si les feuilles ont été bien classées, constate le poids des mannes afin de régler les salaires d'après la tâche accomplie, et enfin place les tabacs dans diverses cases, suivant leur destination.

4° *Mouillade.* La mouillade consiste à arroser les feuilles avec une dissolution de sel ordinaire (chlorure de sodium); elle a pour but de les disposer aux opérations subséquentes en leur rendant la souplesse enlevée par la dessiccation sur le terrain, et les mettant ainsi en état de résister à la manutention sans se briser. La présence du sel dans le tabac a pour but d'empêcher la fermentation de devenir putride et d'en éloigner les insectes qui s'introduisent dans toute matière en fermentation. C'est à la présence du sel que le tabac doit principalement la propriété que tout le monde lui connaît, d'être hygrométrique.

L'atelier de la mouillade est à côté de celui de l'époulardage; la dissolution saline se fait au moyen de 10 kil. de sel pour 100 litres d'eau. On superpose plusieurs lits de feuilles que l'on arrose successivement; l'eau excédante s'écoule dans des rigoles.

En 1844, 601.705 kil. de sel ont été employés à la mouillade des 18.648.687 kil. livrés aux ateliers, ce qui fait moyennement 32 grammes de sel par chaque kilogramme de tabac fabriqué. La Régie achète son sel grevé de l'impôt, comme ferait un particulier. En 1844, elle l'a payé 39^{c},11 le kil.; comme le droit de consommation perçu par l'Etat est de 30 c., il en résulte que le trésor ne débourse réellement que 9^{c},11 par kil. de sel qui est introduit dans le tabac.

Dans les ateliers, on laisse se perdre l'eau excédante de la mouillade; on prétend, mais cela ne repose sur aucune idée raisonnable, qu'elle ne saurait servir à arroser de nouveau le tabac.

5° *Ecotage.* Cette opération est réservée aux femmes, comme étant extrêmement facile; elle consiste à prendre d'une main les feuilles par un bout, et à arracher de l'autre main la grosse côte dans toute la longueur de la feuille. Les ouvrières sont rangées de manière à prendre les feuilles dans des mannes placées à leur gauche, à jeter les feuilles écotées dans des mannes placées à droite, et à jeter les côtes derrière les bancs sur lesquels elles sont assises. Les feuilles écotées sont portées ensuite sur des tables ou claies où des femmes sont occupées à les repasser, à ôter les nervures qui auraient pu échapper aux écoteuses et à faire tomber toute matière étrangère. De là les feuilles passent dans les divers ateliers auxquels elles sont destinées.

Les côtes et les caboches, ainsi que les balayures d'ateliers, constituent les résidus de fabrication qui sont détruits par la combustion. En 1844, les ateliers ont livré aux magasins d'expédition 17.520.893 kil., et à la destruction 1.524.709 kil.; les résidus forment donc 8 p. 100 des matières premières. Il faut excepter les côtes des tabacs étrangers qui sont introduites dans les tabacs de cantine (voir plus loin, § XVII).

§ XI. *Fabrication des cigares.* De toutes les manutentions du tabac, c'est la fabrication des cigares qui altère le moins la nature de la plante.

Des femmes roulent des débris longitudinaux de feuilles entre leurs doigts et ensuite en les serrant, elles les revêtent d'une robe, c'est-à-dire d'une feuille convenablement taillée qui ne présente aucune déchirure; avec un peu de colle de pâte, elles attachent enfin l'extrémité de la robe sur le corps du cigare

Après l'inspection du contre-maître qui doit vérifier d'une part s'ils ne sont pas trop ou trop peu serrés, de manière à ce qu'ils puissent être fumés, et d'autre part s'ils ont le poids moyen voulu, les cigares passent au séchoir, où ils sont exposés à une température qui ne dépasse pas 30 degrés. Après la dessiccation ils sont portés au magasin et mis en boîte.

On ne fabrique en France que les cigares à 5 et à 10 centimes; les autres cigares proviennent de la Havane, de Manille, de la Colombie, de la Nouvelle Grenade, de Bahia. Les cigares à 10 centimes sont dits étrangers; ils se font effectivement avec des feuilles étrangères de Maryland et de Havane. On n'en fabrique qu'aux manufactures de Marseille, Bordeaux, Tonneins et Paris, qui, en 1844, en ont livré aux magasins d'expédition :

Marseille.	7.405 kil.	ou	1.851.250 cigares
Bordeaux.	10.335		2.583.850
Tonneins.	1.990		497 500
Paris.	45.202		11.300.500
Totaux.	64.932 kil.		16.233.100 cigares

Les cigares à 5 centimes sont faits avec des feuilles de France; ils sont à paille ou ordinaires. Il s'en fabrique six fois plus environ que de cigares à 10 centimes; six manufactures en ont livré, savoir :

Marseille.	218.778 kil.	ou	54.694.500 cigares.
Toulouse.	26.876		6.469.000
Bordeaux.	23.030		5.507.500
Tonneins.	35.164		8.791.000
Strasbourg.	10.902		2.725.500
Paris.	46.731		11.682.750
Totaux.	361.481 kil.		89.879.250 cigares.

On voit que la manufacture de Marseille fabrique les deux tiers de ce genre de produits.

§ XII. *Fabrication des rôles.* On entend par rôles, comme nous l'avons dit, les tabacs à mâcher ou à *chiquer*. On en distingue de deux espèces : les rôles menus filés qui sont classés parmi les tabacs supérieurs, et qui sont faits en feuilles de Virginie pures; les gros rôles dont la consommation est plus ordinaire. La fabrication de ce genre de produits est un peu plus compliquée que celle des cigares; toutefois la feuille de tabac y conserve encore sa nature. Elle se compose de cinq opérations successives : filage, mise en rôles, passage à la presse, ficelage, mise à l'étuve.

1° *Filage.* Le filage se fait au rouet, qui se compose d'un cylindre de bois mobile d'abord sur son axe et ensuite sur un autre axe perpendiculaire au premier. L'ouvrier fileur reçoit des mains d'un enfant les feuilles de tabac tendues en écheveaux plus ou moins gros, selon le diamètre que doit avoir le boudin; un autre enfant lui prépare les *robes;* il contourne ces dernières autour des premières feuilles, et alors à un signe qu'il fait, un troisième aide tourne la manivelle et fait tourner le rouet autour de l'axe perpendiculaire au cylindre de bois; le fileur pendant ce temps appuie le boudin sur une table tandis que le tabac se tord. Quand environ un mètre de boudin se trouve filé, le troisième aide fait enrouler ce boudin sur le cylindre de bois du rouet; un déclic empêchera ce cylindre de se dérouler, tandis que le rouet tordra le bout suivant.

2° *Rôlage.* Lorsque les rouets des fileurs sont pleins, on les transporte dans l'atelier des rôleurs où le tabac filé est dévidé de dessus le rouet et enroulé sur des bobines, simples chevilles de bois, de manière à donner des rôles d'un kilogramme ou d'un demi-kilogramme pour les gros rôles; d'un demi ou d'un quart ou d'un huitième de kilogr. pour les rôles menus filés. Les bouts étant coupés sont ensuite attachés avec de la ficelle.

3° *Pressage.* Les rôles sont introduits dans des moules ou trous cylindriques de dimensions convenables, lesquels sont rangés sur une table de manière à ce que des cylindres de bois, percés en leur centre pour laisser passer les chevilles, pénètrent dans les moules et puissent y peser sur les rôles. On met sur un chariot plusieurs lits horizontaux des rôles ainsi arrangés, de manière qu'ils occupent une hauteur de 1^{m},50 environ, et on pousse le chariot sur le plateau mobile d'une

presse hydraulique. On fait alors mouvoir la pompe, et les cylindres de bois aplatissent fortement les rôles contre les parois des moules dans lesquels ils sont enfermés. Quand il est sorti une certaine quantité de jus de tabac, le presseur juge l'opération terminée, ôte les rôles de dessous la presse et les enlève des moules.

4° *Ficelage.* Les rôles reviennent à l'atelier des rôleurs, où on enlève les chevilles et où on place une ficelle plombée à travers le trou central laissé par la place de cette cheville.

5° *Mise à l'étuve.* Les rôles sont enfin portés à une étuve, entretenue par un courant d'air chaud à une température de 40 degrés centigrades. Après quelques jours de séjour dans l'étuve, ils sont suffisamment secs pour qu'on les transporte au magasin d'exposition.

La fabrication des rôles menus filés prend seule un certain accroissement. En 1844, les différentes manufactures ont livré :

	Rôles menus filés.	Gros rôles.	Rôles à prix réduits.
Morlaix. . .	1.745k	22.994k	» »
Bordeaux. .	7.505	» »	» »
Tonneins. .	624	1.389	» »
Lille. . . .	1.610	22.539	20.317
Strasbourg. .	910	55.999	13.733
Lyon. . . .	1.695	25.736	» »
Paris. . . .	32.101	108.489	» »
Totaux.	45,509k	237,126k	34,050k

§ XIII. *Fabrication des carottes.* Autrefois la fabrication, tant des carottes à pulvériser ou à râper, que des carottes à fumer, était très importante; la supériorité incontestable que possèdent la poudre et le scaferlati sur leurs anciens rivaux, feront bientôt disparaître les carottes, dont la seule image servira encore désormais à indiquer au chaland l'entrée d'un débit de tabac. Les carottes à pulvériser, rangées parmi les tabacs supérieurs, et qui sont faites avec des feuilles de Virginie, ont presque disparu. Voici l'état de fabrication des carottes en 1844 :

	Carottes à pulvériser.	Carottes à fumer.
Morlaix. . . .	64 kil.	426.000 kil.
Tonneins. . .	4.064	22.396
Paris.	168	» »
Totaux. .	4.296 kil.	448.396 kil.

La fabrication des carottes ne diffère de la fabrication des rôles, qu'en ce que au lieu de mettre en rôles on met en carottes ; le rôlage est remplacé par le carotiage. Les ouvriers déroulent le tabac de dessus le rouet, le coupent par bouts égaux, rassemblent les bouts au nombre de huit dans un moule, et les soumettent à une forte compression pendant vingt-quatre heures. Au sortir des presses, les carottes sont tirées de leurs moules, ficelées et rognées par les deux bouts.

§ XIV. *Fabrication du scaferlati ou tabac à fumer haché.* On distingue deux espèces de scaferlati, le scaferlati étranger ou supérieur en maryland, varinas et levant, et le scaferlati ordinaire dit *caporal*, sans compter le scaferlati de cantine ou à prix réduit. Le scaferlati ordinaire est fait au moyen du mélange de feuilles de choix indigènes du Bas-Rhin et du Pas-de-Calais, et étrangères de Maryland, Hongrie, etc. Les mélanges sont effectués à la mouillade.

Les opérations spéciales à cette fabrication sont : le hachage, la torréfaction, le séchage, et enfin la mise en paquets.

1° *Hachage.* Depuis un certain nombre d'années, les anciennes machines à bras de de Parcieu ont été remplacées par des machines bien supérieures mues par la vapeur ou des cours d'eau. Les feuilles de tabac sont entassées par un ouvrier, dans une coulisse où elles sont entraînées par une toile sans fin, mue d'un mouvement discontinu de même sens, calculé de telle sorte que la masse des feuilles avance juste de la quantité convenable, pour qu'un couteau mû d'un mouvement de va-et-vient et guidé dans des coulisses, tranche constamment en descendant la même épaisseur des feuilles. Le couteau remonte sans produire d'effet, en ce moment, la toile sans fin a fait avancer le tas de feuilles qui sont coupées de nouveau en minces filaments par la descente du couteau. Il est évident qu'on aurait pu s'arranger de manière à avoir des couteaux à deux tranchants, hachant en montant et en descendant.

2° *Torréfaction.* Il est important, pour que la fumée du tabac conserve l'arome aimé des consommateurs, que le scaferlati fermente le moins possible. Or, on sait que la meilleure manière de *tuer les ferments* est de coaguler la matière fermentescible par une chaleur d'au moins 60°. C'est ce qui a conduit à soumettre le tabac haché à la torréfaction qui ne se fait pas d'une manière identique dans toutes les manufactures. Tantôt on fait séjourner durant quelques minutes le tabac sur des tuyaux juxta-posés et formant de longues tables, dans lesquels passe de la vapeur produite par une chaudière à une pression de quatre à cinq atmosphères. Tantôt on se contente de projeter rapidement le tabac sur des plaques de tôle chauffées à une température voisine du rouge. Dans l'un et dans l'autre cas, le tabac dégage un principe âcre et piquant qui fait pleurer les yeux. Quand la torréfaction a été bien conduite, le tabac ne peut plus fermenter que fort difficilement et dans le cas seulement où il séjourne quelque temps en tas considérables. C'est malheureusement le cas habituel dans les manufactures françaises à cause de leur petit nombre et de l'énorme quantité de produits qu'elles doivent fournir.

3° *Séchage.* Au sortir de la torréfaction, le scaferlati est porté dans des séchoirs entretenus, quand il en est besoin, par des courants d'air chaud à une température de 16 à 20°. Il est posé sur des claies serrées où on le retourne souvent jusqu'à ce qu'il soit sec. Alors on le livre à des ouvrières qui l'étendent sur des tables à claires-voies où elles le purgent des morceaux de côtes trop gros et autres matières étrangères qui, si elles s'y trouvaient, feraient crier le consommateur. Elles font aussi tomber les filaments réduits en poussière et provenant d'une torréfaction trop vive, car le fumeur ne voudrait point les mettre dans sa pipe.

4° *Empaquetage.* L'atelier de l'empaquetage est celui où les ouvriers sont forcés de développer la plus grande activité ; enfants et hommes y sont continuellement agités de mouvements rapides qui produisent sur le spectateur le plus singulier effet. Nous allons essayer d'en donner une idée.

Le tabac est apporté dans des mannes et déposé sur une claie d'osier à hauteur d'appui ; à côté se trouve une balance où un ouvrier pèse le tabac d'une manière continue (on fait ensemble tous les paquets de même poids, soit de 1.000 ou de 500 grammes pour le scaferlati ordinaire ; de 500, 250 ou 125 gr. pour le scaferlati étranger). Le peseur fait tomber le tabac dans des vases en fer-blanc ouverts en dessus et sur l'une des faces latérales ; un enfant qui sert à la fois quatre empaqueteurs, prend ces vases et les jette sur la table autour de laquelle sont rangés ces derniers. Chacun de ceux-ci prend le papier d'enveloppe, le place sur un mandrin d'un volume égal à la capacité intérieure que doit avoir le paquet, en repliant à l'une de ses extrémités le papier, comme on a l'habitude de le faire ; il jette alors le mandrin, entouré de papier, dans un trou pratiqué dans un bloc placé à côté de la table ; retire le mandrin, verse le tabac dans le sac tout formé, presse avec les poings, puis avec le mandrin, replie le papier de manière à fermer le sac, le retire, et cachète avec de la cire rouge, toujours entretenue fondue au milieu de

TABAC.

la table au moyen d'un tuyau où passe de la vapeur; en entourant le papier sur le mandrin et formant le côté opposé avant de le placer dans le bloc, il avait également cacheté avec de la cire. Toutes ces opérations ne prennent guère plus d'une minute à l'empaqueteur.

Les paquets sont ramassés par un enfant et mis dans une manne mobile sur des roulettes pour être portés à un autre enfant colleur des vignettes. Ce dernier étend sur une planche douze vignettes, dont la longueur est telle qu'elles enveloppent un paquet dans le sens le plus long; il passe dessus de la colle au moyen d'une brosse, et ensuite, en moins d'une minute, les douze vignettes sont collées par une manœuvre si rapide qu'on voit à peine chaque paquet passer entre les mains de l'enfant, et se recouvrir de la vignette.

Le contre-maître de l'atélier vérifie le poids de quelques-uns des paquets pris au hasard; s'il ne trouve pas le poids voulu avec une tolérance de 5 grammes en plus ou en moins, il fait refaire les paquets. Cette vérification est de rigueur, car les paquets seront dorénavant livrés au consommateur sans nouvelle constatation de poids.

Les paquets sont enfin emportés au magasin des expéditions dans une manne que font rouler deux enfants en courant.

Les différentes manufactures ont livré, en 1844, aux magasins d'expéditions pour l'approvisionnement des entrepôts, les quantités de scaferlati suivantes :

	Étranger.	Ordinaire.	De cantine.
Morlaix.	1.025k	623.300k	»
Toulouse.	1.580	367.400	»
Bordeaux.	2.641	278.625	28.750k
Tonneins.	760	131.400	»
Lille.	222	166.240	2.737.470
Strasbourg.	810	114.145	1.435.570
Lyon.	2.249	1.199.590	355
Paris.	31.607	1.731.276	»
Le Havre.	951	611.893	»
Totaux.	41.845k	5.223.869k	4.202.145k

§ XV. *Fabrication des cigarettes.* La Régie a cherché depuis 1843 à exploiter cette nouvelle branche de produits. Il est évident qu'elle obtiendrait des revenus assez considérables; si elle pouvait empêcher les fumeurs de fabriquer eux-mêmes les cigarettes et de garder les bénéfices qu'ils procuréraient à la Régie en achetant celles qu'elle vend si cher. Mais la fabrication des cigarettes est si facile pour le fumeur qui n'a qu'à rouler le tabac dans du papier, entre ses doigts; elle est d'une si grande complication, en comparaison, pour la Régie qui doit s'arranger de manière à pouvoir garder longtemps les cigarettes en magasin, et à les soumettre à des transports qui les brisent, que nous doutons qu'elle puisse jamais devenir importante.

Le kilogramme contient 1000 cigarettes; il en est de deux sortes, à 5c et 7c.5, ou bien à 50 et à 75f le kil. Les cigarettes à 5c sont faites en grande partie avec les débris qui tombent des claies dans la fabrication du scaferlati étranger et ordinaire; les autres sont plus soignées et sont faites avec les tabacs hachés du Levant et de Maryland mélangés.

Le principe de la fabrication est bien simple; il consiste à enrouler le papier sur un moule en bois, mis à la suite d'un petit morceau de bois creux qui sert à maintenir la cigarette. Le tout est placé dans un petit bloc creux. L'ouvrière alors enlève le moule et refoule du tabac; elle plie et colle alors l'extrémité libre du papier.

On a essayé de faire le papier avec les côtes de tabac, afin de ne donner au fumeur ou consommateur que du tabac. Cette tentative n'a pas réussi.

La fabrication des cigarettes n'est encore établie qu'à la manufacture de Paris, qui, en 1844, en a livré au magasin d'expéditions 10.359 kilogrammes.

§ XVI. *Fabrication du tabac en poudre.* Autant on s'attache à empêcher toute fermentation dans la fabrication du scaferlati, autant au contraire on recherche les circonstances qui peuvent la favoriser dans la fabrication de la poudre. Comme il n'existe en France que dix manufactures pour fabriquer les 17 millions de kil. de tabac que l'on y consomme actuellement dans une année, la manutention porte sur de grandes quantités, et l'on est par conséquent dans de bonnes conditions pour obtenir une pleine fermentation, et par contre, il doit être difficile d'éviter complétement tout phénomène de cette espèce. On peut attribuer à cette circonstance l'infériorité que présente souvent le tabac de la France devant les tabacs des pays étrangers où la fabrication étant libre, elle ne saurait être concentrée dans des manufactures aussi peu nombreuses et aussi considérables que les nôtres. Cette même raison explique complétement encore la supériorité bien établie du tabac à priser français sur tous les tabacs en poudre d'Europe. Ce qu'il y a même de remarquable, c'est que la poudre dite étrangère, qui est vendue comme tabac supérieur, est souvent bien moins bonne que la poudre ordinaire, ce qui provient toujours de ce que la qualité du tabac de choix dont elle est composée ne compense pas l'infériorité d'une fermentation faite au moyen de moindres quantités.

Le tabac en poudre ordinaire se compose essentiellement avec 70 ou 75 p. 100 de tabacs indigènes du Lot, Lot-et-Garonne, Nord, etc.; et de 30 à 25 p. 100 de tabacs étrangers de Virginie, Kentucky, etc. On y mélange en outre toutes les feuilles légères qui ont déjà subi un commencement de fermentation et qui sont impropres à la fabrication du scaferlati, des rôles ou des cigares; on y met enfin tous les tabacs provenant des saisies.

Les feuilles, après la mouillade, sont soumises aux opérations successives suivantes : le hachage, la fermentation en masses, le moulinage, le tamisage, la fermentation en cases et la mise en tonneaux ou en paquets.

1° *Hachage.* Le hachage des feuilles destinées à la poudre se fait d'une manière bien moins parfaite que pour le Scaferlati, mais aussi bien plus rapide. Il suffit effectivement que le tabac soit haché cinq ou six fois plus gros, et au lieu d'employer un seul couteau, se mouvant d'un simple mouvement de va-et vient rectiligne; on se sert de plusieurs couteaux rangés sur la surface d'une roue cylindrique rapidement mobile autour de son axe; sa surface vient frotter contre les feuilles entassées et amenées par une toile sans fin. Le tabac haché retombe dans l'intérieur de la roue et descend à un étage inférieur.

2° *Fermentation en masses.* Le tabac est alors soumis aux mélanges des diverses sortes arrêtés par le conseil supérieur de l'administration et porté dans la salle des masses. Une salle contient de sept à huit masses; ce sont des tas formés de 20 à 40 mille kilogr. occupant presque toute la hauteur de la salle, dont les parois et le plancher sont en bois de chêne. 40 ou 50 centimètres sont seulement réservés entre le plafond et la surface supérieure des masses, et un étroit corridor règne le long de la salle qui est constamment fermée. Le tabac est tassé assez fortement par les massiers, et au centre on place un tube creux en bois dans lequel descend un thermomètre. Il est bien de mêler au tabac du centre une certaine portion de tabac étant déjà en train de fermenter, afin de hâter la fermentation nouvelle et d'accélérer ainsi la fabrication de la poudre qui demande souvent jusqu'à quinze mois. Au bout de dix à quinze semaines, la température a atteint 70 à 80°; il s'est dégagé une très grande quantité de carbonate d'ammoniaque et de carbonate de nicotine, et presque tout l'acide du tabac a disparu. Le carbonate d'ammoniaque constitue le montant du tabac. L'air ne doit jouer aucun rôle

dans le phénomène qui se passe alors. Quand l'air pénètre dans les masses, la fermentation devient acétique.

Par des visites fréquentes on constate les températures successives que prennent les masses, et on surveille la marche de la fermentation. La chaleur produite est si grande, que le tabac serait souvent carbonisé et amené à l'état d'humus, si on ne soignait pas suffisamment les masses, et si on n'y pratiquait pas des tranchées pour abaisser la température quand elle s'élève trop rapidement.

3° *Moulinage.* Le tabac provenant des masses est porté dans des moulins où il est réduit en poudre. Un moulin est formé d'abord d'un cône en fonte creux, placé la base en haut et le sommet en bas; la surface interne du cône est couverte de rainures héliçoïdales aboutissant au sommet et présentant des lames en relief. Un cône plein placé en sens inverse est mobile autour de son axe d'un mouvement de rotation alternatif, et vient ainsi faire appuyer contre les lames en relief du premier cône d'autres lames héliçoïdales et obliques aux plans passant par l'axe du cône et les arêtes. Le tabac devenu assez friable par la fermentation est ainsi serré et desserré dans les rainures du cône fixe. La poudre s'écoule par le sommet inférieur du cône fixe percé d'une ouverture convenable.

4° *Tamisage.* Des moulins, le tabac tombant sur un plan incliné, descend sur des tamis animés d'un double mouvement de va-et-vient continuel par des excentriques convenables mues par la machine motrice de la manufacture. La poudre d'un grain convenable passe à travers les tamis et tombe sur une toile sans fin qui l'entraîne sur un plan incliné d'où elle descend vers les cases. Le tabac non suffisamment pulvérisé reste sur le tamis d'où il est rejeté par le mouvement de secousse latérale, et il est repris pour repasser aux moulins.

5° *Fermentation en cases.* Les cases sont des cellules de 20 à 30 mètres cubes fermées de toutes parts par des planches et des madriers de chêne où on case la poudre qui s'y entasse en masses de 20 à 35 mille kilogr. Au centre se trouve aussi un tube creux où descend un thermomètre. Au bout de deux ou trois mois la température commence à s'élever; elle a atteint 40° environ, après sept ou huit mois. Alors cette seconde fermentation qui a surtout pour but de développer l'arome du tabac est complète. On défait la case par une porte latérale et on enlève le tabac dans des sacs.

6° *Mise en tonneaux ou en paquets.* On porte le tabac dans une espèce de grand bassin en bois où on brise les sortes de mottes qui se sont agrégées, et on l'enlève par une noria sur des tamis d'où il sort pour être mis en tonneaux, ou en paquets ayant les poids déterminés par les demandes des entreposeurs. On ne fait de petits paquets que pour le tabac etranger. On le met aussi dans de grands tonneaux pour le conserver quelque temps dans le magasin des expéditions. Enfin on fait quelquefois des mélanges de différentes sortes de tabacs pour satisfaire les goûts de certains consommateurs.

Les diverses manufactures ont livré, en 1844, les quantités suivantes aux magasins des expéditions :

	Poudre étrangère.	Poudre ordinaire.	Poudre de cantine.
Marseille. . .	800k	400k	» »
Morlaix. . .	40	478.802	» »
Toulouse. . .	425	870.545	» »
Bordeaux. . .	290	562.336	» »
Tonneins. .	340	327.012	» »
Lille.	15	351.469	192.886
Strasbourg. .	283	233.987	352.007
Lyon. . . .	2.435	573.104	740
Paris. . . .	11.853	2.240.778	» »
Le Havre. .	69	646.188	» »
Totaux. .	16.550k	6.284.621k	545.633k

§ XVII. *Des tabacs de cantine.* La fabrication des tabacs de cantine, ou à prix réduits, ne diffère de celle des tabacs ordinaires, qu'en ce que l'on n'y emploie que des tabacs indigènes ou des tabacs étrangers de qualité tout à fait inférieure, et qu'en ce qu'on y mélange les 600.000 kilogr. de côtes provenant annuellement de l'écotage des tabacs étrangers. En 1844, il a été livré par les manufactures 4.781 828 kilogr. de tabacs de cantine, soit 27 p. 100 de la production totale.

§ XVIII. *Frais totaux de fabrication.* Pour fabriquer la totalité de 17.520.893 kilogr. de diverses sortes, livrés en 1844 par les ateliers des dix manufactures de France, il a été dépensé :

En traitements.	479.007 fr.
En frais de main-d'œuvre et fournitures de toutes espèces. .	4.011.917
Total. . .	4.490.924 fr.

soit 24 fr. 08 c. par 100 kilogr.

4.083 ouvriers ont été employés dans les manufactures et ont reçu en gages et en salaires 2.521.339 fr., soit pour la journée moyenne, sur 52.560 journées de présence, 4 fr. 02 c.

Il reste pour les salaires 2.309.668 fr., qui, à raison de 3.937 ouvriers salariés, donnent pour le salaire annuel de chacun d'eux 586 fr. 65 c., ou par journée moyenne, à raison de 309 jours de travail par an, 1 fr. 90 c.

Le prix peu élevé de ces salaires tient surtout à ce que certaines parties de la fabrication qui exigent le plus de main-d'œuvre, sont exécutées exclusivement par des femmes (écotage et fabrication des cigares) ou en grande partie par des enfants (empaquetage).

§ XIX. *Transports des manufactures aux entrepôts.* Il a été transporté des manufactures aux entrepôts 17.640.879 kilogr. de tabacs de toutes sortes, y compris les cigares de la Havane, Manille, etc. La dépense totale s'est élevée à 1.916.543 fr., soit 3 fr. 61 c. par 100 kilogr., ce qui est sensiblement moindre que les frais moyens de transports des magasins aux manufactures donnés au § IX, ce qui s'explique, parce que la distance moyenne à parcourir est plus considérable dans ce dernier cas que dans celui que nous venons d'examiner.

§ XX. *Des entrepôts.* 357 entrepôts sont ainsi approvisionnés de tous les tabacs, qui sont ensuite vendus aux débitants par les entreposeurs. Ceux-ci reçoivent une remise moyenne de 0 fr. 65 p. 100 sur la valeur vénale de vente aux débitants, soit, en totalité, en 1844, de 692.906 fr., c'est-à-dire moyennement de 1.940 fr. 91 c. par entreposeur. En comptant les frais de loyers et de toutes espèces dans les entrepôts, ainsi que les remises aux entreposeurs et les frais de service de la répression de la fraude, dont nous parlons au § XXII, on trouve qu'ils élèvent de 5 fr. 81 c. la valeur moyenne de 100 kilogr. de tabac mis à la disposition des débitants.

Les diverses manufactures ne peuvent expédier des tabacs ordinaires que dans les départements qui les avoisinent, afin que chaque manufacture ait toujours un approvisionnement certain à desservir. Sans cette sage précaution, il arriverait que des préjugés sans consistance, car l'administration s'attache à maintenir partout le même genre et la même perfection de fabrication, amèneraient l'écoulement de tous les produits d'une manufacture, et laisseraient encombrée telle ou telle autre.

§ XXI. *Valeur réelle du tabac.* Résumant tous les frais énoncés précédemment, nous trouvons pour la valeur réelle des 100 kilogr. de tabac vendus dans les entrepôts :

Prix d'achat (§ VII).	98 fr.	95 c.
Frais de magasins (§ VIII). . .	3	40
Frais de transport des feuilles (§ IX).	4	54
Frais de fabrication (§ XVIII). .	24	08
Frais de transports des tabacs fabriqués (§ XIX).	3	61
Frais d'entrepôt (§ XX). . . .	5	81
Valeur réelle. . . .	140 fr.	39 c.

Le prix moyen de vente des entreposeurs aux débitants est de 614 fr. 48 c. ; l'impôt moyen ou le bénéfice de la Régie est donc de 474 fr. 09 c. par 100 kilogr., c'est-à-dire que le gain est de 337 p. 100.

§ XXII. *Répression de la fraude.* On conçoit que la valeur fictive si élevée que l'impôt donne au tabac, a dû être un appât bien puissant pour l'introduction en fraude des tabacs fabriqués à l'étranger. Quelque sévère qu'eût été la répression de la fraude, il n'est pas douteux que la chance d'un bénéfice de plus de 300 p. 100 aurait donné lieu à d'énormes importations, si la Régie n'avait diminué sur nos frontières la différence qui existe entre la valeur réelle et la valeur fictive des tabacs. Dans ces contrées, elle fait donc vendre, à prix réduits, des tabacs de moindre qualité, dits tabacs de cantine. Elle diminue ainsi l'appât offert aux contrebandiers, qui, malgré cette précaution, ne continuent pas moins d'exercer leur hasardeuse industrie. Sur les bords du Rhin se trouve un certain nombre de fabriques, dont les produits sont consommés en France.

Néanmoins, ce n'est pas sur les frontières seulement que se fait la contrebande du tabac. Les tabacs de cantine sont à des prix qui vont en croissant à mesure que l'on pénètre dans l'intérieur de la France. Ces prix s'élèvent successivement de 1 fr. 70 c. à 2 fr. 15 c., 2 fr. 55 c., 3 fr. 40 c. et 5 fr. 55 c. ; ils sont en moyenne de 2 fr. 25 c. Comme il existe encore, ainsi qu'on le voit, une différence notable entre les prix des tabacs de cantine de diverses zones, il se fait une contrebande très active, qui a pour objet de transporter ces tabacs d'une ligne à une autre. Cela fait, un changement de vignettes suffit pour donner aux paquets de tabac une valeur bien supérieure à celle qu'ils avaient d'abord. Cette contrebande est organisée en grand ; ce sont des troupes d'enfants, de chiens, ou des hommes à cheval qui font passer les tabacs. Comme les lignes sont assez rapprochées pour qu'on puisse souvent les franchir toutes en une nuit, il en résulte que le bénéfice est assez considérable pour couvrir les frais de ce commerce frauduleux. Pour y mettre un frein, on ne permet pas aux débitants de tabac de nos départements limitrophes une provision de plus de 3 kilogr. de chaque espèce de tabac. En outre, un service de surveillance spéciale, coûtant 390.000 fr., et composé de 207 employés, qu'aident d'ailleurs la gendarmerie et les employés des douanes, est chargé de la répression de la fraude dans les départements traversés par les lignes. Les lignes s'étendent à travers les départements suivants : Nord, Pas-de-Calais, Moselle, Bas-Rhin, Haut-Rhin, Ardennes, Doubs, Aisne, Meuse, Meurthe, Vosges, Haute-Saône, Jura, Somme et Ain. On ne peut dire si l'infiltration du tabac de cantine s'étend beaucoup au-delà de ces départements ; dans tous les cas, cette infiltration remplace celle des tabacs étrangers, qui ne se fait plus que sur l'extrême frontière, et c'est un grand avantage. Du reste, la vente du tabac de cantine est fort considérable, car elle s'élève à près de 5 millions de kilogr., sur lesquels il y a plus de 4 millions de kilogr. de tabac à fumer.

§ XXIII. *Vente des tabacs aux débitants et aux consommateurs.* La vente des tabacs est confiée à des débitants spéciaux, soumis à un cautionnement fixé en raison de la population, et s'élevant du minimum de 50 fr., dans les petites localités, au maximum de 1,500 fr., à Paris. Leurs bénéfices résultent de l'excédant des prix de vente aux consommateurs sur le prix d'achat chez les entreposeurs ; cet excédant, variable selon les diverses sortes de tabac, est établi par un tarif administratif.

L'excédant total est monté, en 1844, à la somme de 15.423.220 ; il devient de plus en plus considérable à mesure que les bénéfices de la Régie et la consommation du tabac augmentent. Toutefois, le bénéfice moyen de chaque débitant ne suit pas cette même progression, parce que dans le désir de satisfaire aux demandes, le gouvernement augmente le nombre des débitants suivant une progression non moins rapide que celle suivie par la consommation ; les chiffres suivants le prouvent manifestement.

	Nombre des débitants.	Bénéfice total.	Bénéfice moyen par débitant.
1840	28.649	13.715.713 fr.	479 fr. 25 c.
1841	29.356	14.298.726	487 08
1842	30.486	14.596.210	478 78
1843	31.400	15.058.435	479 57
1844	32.267	15.423.220	477 98

La garantie certaine de la bonne foi mise dans la vente des tabacs fabriqués par l'État, repose tout entière sur le mode qui consiste à en charger des agents commissionnés et révocables. Il faut, en effet, que les débitants vendent tous au même prix une marchandise qui ait partout la même qualité ; il faut qu'on puisse s'assurer que le tabac, substance qui se détériore au simple contact de l'air, est toujours dans un bon état de conservation, reste pur de tout ingrédient étranger, comme argile ou chicorée, matières que la fraude y mêle souvent, et ne soit pas humecté ; il faut aussi empêcher que les débitants puissent vendre du tabac de contrebande. C'est en vain que l'on chercherait à obtenir la réalisation de ces conditions préservatrices des droits des consommateurs et des droits du Trésor, si l'on accordait le droit de vendre du tabac à quiconque présenterait certaines conditions de solvabilité et de bonne foi et payerait une licence ; car la fraude présenterait trop d'avantages pour qu'on ne fût pas encouragé à lutter contre une pénalité peu rigoureuse, quand on considère surtout qu'on ne saurait plus aujourd'hui employer ces barbares moyens de répression d'autrefois, qui ne parvenaient cependant pas à arrêter la contrebande. C'est à peine si l'on pourrait soumettre les débitants libres aux visites des agents du contrôle ; bientôt ces visites passeraient pour vexatoires et inquisitoriales, deviendraient odieuses, et, en supposant qu'elles pussent amener la constatation d'un délit de fraude, les magistrats ne sauraient appliquer une peine bien grave au marchand coupable d'avoir ajouté quelques grammes d'eau à une substance aussi peu nécessaire que le tabac. La Régie, au contraire, pouvant révoquer ses agents en cas d'infidélité ou d'infraction aux règlements, et leur ôter ainsi leurs moyens d'existence, exerce une surveillance tout à fait efficace.

Les bureaux de tabac, en cas de vacances, sont généralement donnés à des veuves de militaires sans fortune, à de vieux employés inférieurs privés de ressources, sans que le titulaire précédent ait aucune influence sur la transmission de sa charge. A Paris, seulement, tout débitant qui veut cesser de l'être, peut se démettre en faveur d'un acquéreur, pourvu que celui-ci apporte deux démissions. Cette faculté est tolérée, parce qu'en général la vente du tabac ne peut être à Paris qu'un accessoire à un autre commerce, à cause du prix élevé de location des boutiques et des frais considérables que nécessite l'établissement. A chaque mutation, le gouvernement peut néanmoins disposer d'un bureau en faveur d'une personne qui a des titres à sa bienveillance. Tout en flétrissant sévèrement les trafics électoraux que

l'on a pu faire des bureaux de tabac et des bureaux de poste, on doit avouer que c'est un moyen de récompense placé très justement entre les mains du pouvoir.

Voici quels sont les prix des différents tabacs livrés à la consommation par la Régie.

	Prix de revient du kil.	Prix de vente au débitant.	Prix de vente au consomm.	Bénéfice de la Régie par kil.
Tabacs supérieurs.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
Tabac à priser. .	2.09	11.10	12 »»	9.01
Tabac à fumer. .	2.47	11.10	12 »»	8.62
Rôles à mâcher. .	2 63	9.80	11 »»	7.17
Carottes à râper. .	2.03	9.50	10 »»	7.47
Cigares à 10 c. .	7.42	22 »»	25 »»	14.58
Cigares à 5 c. . .	3.45	11 »»	12.50	7.55
Tabacs ordinaires.				
Tabac à priser. .	1.44	7 »»	8 »»	7.56
Tabac à fumer. .	1.98	7 »»	8 »»	5.02
Rôles à mâcher. .	» 92	7 »»	8 »»	5.08
Carottes à râper. .	1.93	7 »»	8 »»	5.07
Tabacs de cantine.				
Tabac à priser. .	1.36	5.55	6.50	4,26
	1.06	3.40	4 »»	2.34
	» 95	2.55	3 »»	1.60
	» 90	2.15	2.50	1.25
	1.92	5.55	6,50	3.53
Carottes, gros rôles et tabac haché.	1.69	3.40	4 »»	1.71
	1.45	2.55	3 »»	1.10
	» 95	2.15	2.50	1.10
	» 90	1.70	2 »»	» 80
Cig. de la Havane.				
Cigares à 25 c. .	32.47	56 »»	62.50	23.35
Cigares à 15 c. .	20.21	32.50	37,50	12.30

Le kilogramme contenant 250 cigares, on reconnaît que la Régie bénéficie de 9 c. et demi sur le cigare à 25 c., et de 5 c. sur le cigare à 15 c. Ce n'est que depuis 1842 que la Régie vend les cigares de la Havane, dits *régalia*, 25 c. Elle a augmenté de 5 c. le prix de chaque cigare, afin d'établir une grande différence entre les deux espèces de cigares de la Havane, dans l'espoir d'écouler plus facilement les cigares à 15 c. qui encombrent les magasins et qui sont souvent d'une qualité tout à fait inférieure. La vente des panatelas à 50 et à 60 c. et des cigarettes n'a pas encore grande importance.

La Régie vend en outre à la marine, aux hospices et aux droguistes, des tabacs fabriqués ou en feuilles, à des prix inférieurs; mais cette vente est fort peu considérable.

En résumé, la vente des tabacs, suivant les espèces, se récapitule ainsi :

	Quantités vendues.	Montant de la vente par la Régie aux débitants.	Montant de la vente par les débitants aux consommateurs.	Différence représentant le bénéfice des débitants.
Tabacs supérieurs (y compris cigares et cigarettes).	k. 656230	fr. 11940044	fr. 15495791	fr. 4555747
Tabacs ordinaires.	12012257	84085797	96098055	15012257
Tabacs de cantine.	4738105	10670945	12528162	11857216
Totaux.	17386592	106696786	122120006	15425220

ou, sous une autre forme, en comptant les rôles, les cigares et les cigarettes dans les tabacs à fumer, les carottes dans les tabacs à priser, et les ventes directes des entreposeurs aux consommateurs :

Tabacs à priser. .	6.743.337 kil. pour	45.160.354
Tabacs à fumer. .	10.664.661	61.836.560
Totaux. . .	17.407.948 kil.	106.996.914

§ XXIV. *Importation de tabacs fabriqués.* L'importation des tabacs fabriqués est frappée de droits très forts qui élèvent de beaucoup au dessus du prix des tabacs de la Régie, la valeur de ceux que, sous prétexte de santé ou d'habitude, quelques personnes tiennent à introduire. Ces droits ont été en 1844 :

De 6.678[f]	pour 668[k]	de tabacs à	10 fr.
538	36		15
90.809	1.009	cigares à	90 fr. le mille.
60.469	1.679		36 fr. le kil.

§ XXV. *Exportation de tabacs fabriqués.* Les tabacs de la Régie livrés aux prix ordinaires payés par les débitants aux entreposeurs auraient du mal à soutenir la concurrence à l'étranger avec les nombreuses sortes de tabacs qu'on y trouve, quoique ces tabacs soient pour la plupart du temps inférieurs aux tabacs français. Afin de favoriser l'exportation de ses tabacs la Régie a accordé des primes de 40 p. 100 sur les tabacs supérieurs, de 25 et de 15 p. 100 sur les tabacs ordinaires. Malgré cette faveur la vente pour l'exportation n'a pas encore pris d'importance réelle. En 1844, 34.630 kil. de tabacs ont été exportés avec primes et ont donné les résultats suivants :

	Produit brut.	Primes allouées.	Produit net.
Primes de 40 p. 100	39.888[f]	15.955[f]	23.933[f]
— 25	197.969	49.492	148.477
— 15	10.802	1.620	9.182
Totaux.	257.359[f]	67.067[f]	190.292[f]

§ XXVI. *Bénéfice réel de la Régie.* Le bénéfice réel que fait la Régie se compose de l'excédant de toutes ses recettes sur toutes ses dépenses, plus de l'augmentation survenue dans son capital; il ne comprend donc pas seulement les sommes mises annuellement par la Régie à la disposition du trésor. Le capital qui à l'origine du monopole ne s'élevait qu'à 25.568.400 fr., était au 31 décembre 1844 de 77.176.248 fr. Les bénéfices réels ont suivi constamment une progression croissante depuis 1811, ainsi qu'il résulte des chiffres suivants :

Dans les six derniers mois de 1811, et les années 1812, 1813 et 1814, les bénéfices ont été de 93.355.842 fr.

En 1815	32.123.303 fr.	En 1831	45.920.930 fr.
» 1816	33.355.321	» 1832	47.751.597
» 1817	39.182.994	» 1833	49.230.280
» 1818	41.705.861	» 1834	50.813.714
» 1819	41.412.893	» 1835	51.700.181
» 1820	42.219.604	» 1836	55.629,540
» 1821	41.950.997	» 1837	59.008.112
» 1822	41.584.489	» 1838	61 682.425
» 1823	43.129.723	» 1839	66,001.841
» 1824	44.030.453	» 1840	70.111.157
» 1825	44.993.057	» 1841	71.989.095
» 1826	45.728.982	» 1842	73.804.142
» 1827	46.385,633	» 1843	77.368.735
» 1829	46.375.633	» 1844	79.499.379
» 1830	45.632.490		

Ainsi s'est trouvée réalisée et la prédiction de Napoléon que le monopole des tabacs devait arriver à verser chaque année 80 millions dans les coffres de l'État.

Les recettes s'accroissent toujours avec une grande rapidité. Je donnerai ici pour la faire apprécier les chiffres qui se rapportent à 1860.

En 1860, il a été vendu 29,224,497 kil. de tabac qui se décomposent ainsi qu'il suit :

17,636,095 kil. de tabac ordinaire (scaferlati, poudre ordinaire, gros rôle). Prix de vente aux débitants, 7 fr. 55 le kil.

7,499,874 kil. de tabacs à prix réduits. Prix de vente aux débitants, 2 fr. 46.

1,241,538 kil. de tabacs de troupe. Prix de vente aux débitants, 1 fr. 30.

2,816,990 kil. de tabac étranger et de luxe, y compris les cigares de la Havane et de Manille qui entrent dans ce résultat pour 129,069 kil. Prix de vente moyen aux débitants, 13 fr. 82.

Le bénéfice net réalisé par l'État, en 1860, a été de 137,115,688 fr. 97; en 1870, 212,000,000 de fr.

Le revenu produit par l'impôt du tabac n'aurait jamais pu être obtenu par un autre régime que celui que nous venons de développer dans tous ses détails. On ne peut élever aucun doute sur ce fait, quand on compare le revenu actuel à celui qu'eût produit l'impôt sur le tabac pendant la période de 11 années qui a été marquée par tous les essais infructueux qui ont amené cette mesure si favorable au trésor. Pendant ces 11 années, l'impôt n'a produit en effet que 122 millions, c'est-à-dire moins que le produit d'une année actuellement, et à peine le produit de quatre années à l'origine du monopole. Pour une substance si facile à frelater et comme le montre amplement l'expérience de l'Angleterre où l'industrie est libre, mais le droit d'entrée énorme, le monopole garantit au consommateur la livraison d'un aussi bon tabac que la liberté.

§ XXVII. *Consommation individuelle.* Nous avons vu au § XXIII que la France consomme maintenant plus de 17 millions de kil. par an. En calculant la consommation individuelle, on trouve par tête, en 1844, 511 grammes; en rapprochant ce résultat des détails donnés au § V sur la consommation étrangère, on reconnaît qu'un Français consomme autant de tabac qu'un Russe, deux fois plus qu'un Italien, mais trois fois moins qu'un Allemand ou un Hollandais, et quatre fois moins qu'un Belge.

Sur le total de 511 grammes consommés par tête en France, il y a 198 grammes de tabac à priser et 313 gr. de tabac à fumer, c'est-à-dire que l'habitude de fumer est à celle de priser comme 158 est à 100. Cette proportion est bien loin d'avoir toujours existé; car, d'après M. de Necker, la consommation individuelle totale était, sous le régime de la ferme, en 1783, de 320 à 375 grammes, et la consommation du tabac à fumer n'était que le 1/12e de la totalité du tabac vendu, c'est-à-dire de 30 grammes environ. La différence de proportion indique quel changement de goût s'est opéré; la quantité individuelle de tabac à priser n'a pas augmenté, tandis que celle du tabac à fumer a plus que décuplé.

La consommation individuelle varie d'ailleurs considérablement d'un département à un autre. Les départements où elle est la plus grande sont les suivants :

	Tabac à priser.	Tabac à fumer.	Totaux.
Pas-de-Calais. . .	169g	1,436g	1,605g
Nord.	134	1,430	1,564
Seine.	539	724	1,263
Haut-Rhin	272	878	1,150
Bouches-du-Rhône	320	826	1,146
Bas-Rhin.	262	638	900
Les départements où elle est la plus faible sont :			
Aveyron	108g	40g	148g
Lozère	115	45	160
Charente.	130	45	175
Haute-Loire . . .	85	90	175
Ariége	127	53	180
Gers	123	61	184
Lot.	152	39	191
Deux-Sèvres . . .	138	60	198

Il résulte de ce rapprochement ce fait curieux que dans les départements où la consommation individuelle est la plus forte, la consommation du tabac à fumer l'emporte de beaucoup sur celle du tabac à priser, tandis que précisément le contraire se présente dans les départements où la consommation individuelle est la plus faible. BARRAL.

TAFFETAS D'ANGLETERRE. On prépare le taffetas d'Angleterre en étendant du baume du Pérou dissous dans quatre fois son poids d'alcool sur du taffetas déjà recouvert d'une couche de colle de poisson.

TAILLER (MACHINE A) LES DENTS D'ENGRENAGE ET A DIVISER LES PLATES-FORMES. Dans la construction des engrenages en fonte, quel que soit le soin qu'on apporte à la confection des modèles et au moulage, jamais on n'arrive à des pièces brutes assez bien fondues pour avoir un engrènement doux et sans choc; aussi est-on dans l'habitude de rediviser et de retailler toutes les dents. Cette opération se fait de deux manières, à la main et à la machine.

Pour faire ce travail à la main, il faut d'abord tracer sur la pièce la forme exacte des dents, après quoi l'ouvrier n'a plus qu'à suivre avec le burin et la lime les traits marqués. Pour faire le tracé des dents, on fait venir à la fonte les dents de 2 à 3 millim. plus fortes dans toutes leurs dimensions, on dresse sur le tour les deux faces latérales bien parallèlement l'une à l'autre, puis on tourne la surface extérieure, et en même temps on trace le cercle primitif. Cela fait, on pointe le milieu des dents, on en marque l'épaisseur, et, avec un compas, on trace les courbes qui déterminent leur forme. Ensuite, et pour le cas d'une roue droite, prenant une équerre à talon ou T, dont l'une des branches s'appuie sur la face qui vient d'être divisée et l'autre sur le pourtour de la roue, on trace par des lignes parallèles la partie supérieure de la dent, en plaçant successivement cette équerre sur l'intersection des courbes avec l'arête circulaire de la roue. Cette opération demande beaucoup de soin et de précision, parce que le succès de la suivante en dépend. Celle-ci consiste à tracer sur la deuxième face la forme de la dent, de manière qu'elle soit, autant que possible, identique et symétrique à celle qui se trouve sur la première face. On se sert pour la tracer des rayons dont on s'est servi pour tracer la première, et on a pour repère l'intersection des traits parallèles, avec l'arête circulaire, correspondante à cette deuxième face.

Le tracé terminé, un ouvrier enlève au burin et à la lime l'excédant de fonte, en ayant soin de suivre le plus exactement possible les traits indiqués.

Dans les roues d'angle, les traits qui indiquent l'épaisseur de la dent à la partie supérieure ne sont plus parallèles, ils convergent tous vers le sommet du cône. Pour les tracer, on se sert d'une règle en fer, qui tourne autour du sommet de ce cône en s'appuyant sur la surface extérieure des dents. On recherche le sommet du cône à l'aide d'un autre cône en bois, portant à sa partie inférieure un cylindre qui s'ajuste dans la lumière de la roue, et terminé à sa partie supérieure par une pointe en fer, sur laquelle vient se fixer la règle à tracer. En l'enfonçant plus ou moins, on arrive par tâtonnement à trouver le sommet du cône, ce qu'on reconnaît sans aucun doute, quand la règle s'appuyant sur la pointe en fer, s'applique exactement et partout sur le pourtour de la roue.

Quel que soit le soin qu'on apporte à une semblable division, qu'avec une grande habitude seule on peut rendre satisfaisante, il est impossible d'arriver à des résultats identiques pour des roues de même dimension et pour deux roues qui doivent engrener l'une avec l'autre.

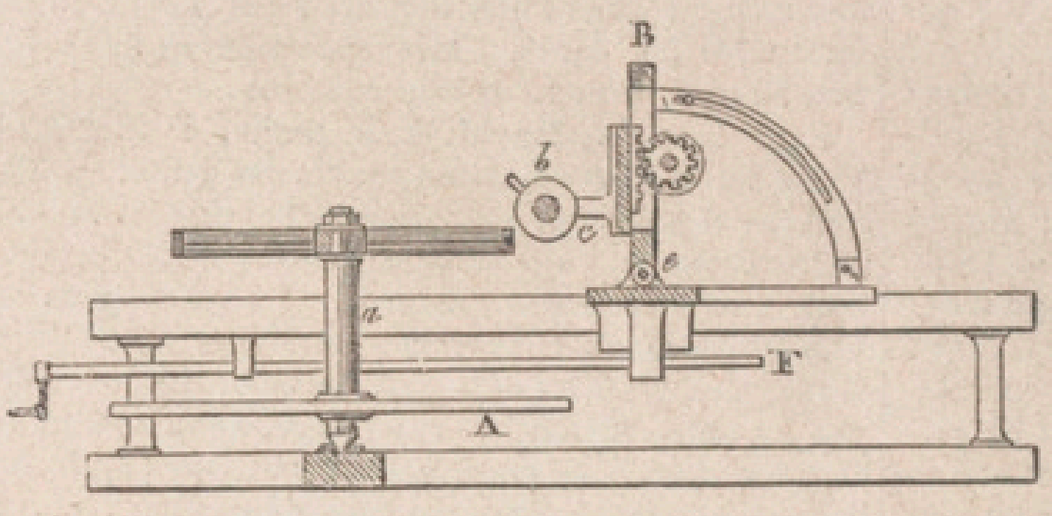
Aussi a-t-on cherché à substituer au travail manuel un travail mécanique, plus commode et plus rigoureux. Les machines à tailler les engrenages résolvent ce problème, et aujourd'hui elles sont employées dans presque tous les ateliers de construction; en outre, les grandes dimensions qu'on est parvenu à leur donner, permettent

TAILLER (MACHINE A).

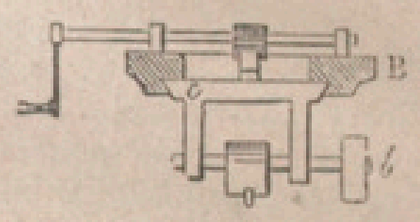
de diviser mécaniquement la presque totalité des roues employées dans l'industrie.

Ces machines, où les deux opérations de la division et de la taille se trouvent réunies, se composent de deux parties distinctes, d'une plate-forme et d'un porte-outil.

La plate-forme est un plateau horizontal A (fig. 2403), en cuivre ou en fonte, sur lequel sont tracées un certain nombre de circonférences concentriques, divisées en des nombres différents de parties égales. C'est sur cette plate-forme, mobile autour d'un axe vertical *a*, qu'on fixe la roue à tailler.



2403.



2404.

Le porte-outil est un châssis en fonte B (fig. 2404), portant des glissières, entre lesquelles se meut le support de l'outil *c*. L'outil est généralement une fraise montée sur un arbre horizontal *b*, animé d'un mouvement de rotation très rapide ; de sorte que l'approchant et l'abaissant à mesure qu'elle pénètre dans la fonte, elle enlève l'excédant de matière et forme le vide de la dent.

La plate-forme étant mobile autour d'un axe vertical, on conçoit qu'en amenant successivement chaque division de la circonférence dont les divisions correspondent au nombre de dents de la roue, on pourra la diviser en dents à peu près identiques. La seule cause d'erreur résiderait dans la plus ou moins parfaite division de la plate-forme, et aussi dans la bonté de la fraise.

Le porte-outil a un mouvement de translation qu'on lui communique à l'aide d'une vis sans fin. On peut aussi l'approcher ou l'éloigner du centre du plateau, et diviser des roues de différents diamètres. Outre ce mouvement de translation, le porte-outil a un mouvement de rotation autour d'un axe horizontal *e*, placé à la partie inférieure, et qui permet de l'incliner plus ou moins ; c'est afin de s'en servir pour tailler aussi les roues d'angle.

Dans les engrenages de petites dimensions, en bronze et en fer, on découpe directement les dents sur la machine. Pour les engrenages de grandes dimensions, on les fait venir à la fonte, mais on s'arrange de manière à avoir au moins deux à trois millimètres à enlever de chaque côté ; le travail n'est pas plus long et use beaucoup moins les outils.

Il faut attacher beaucoup de soins à la taille des engrenages ; leur bonne exécution est très importante. Ainsi des engrenages bien divisés résistent mieux que les autres, parce qu'ils donnent moins de choc et qu'ils ont un mouvement plus doux, plus uniforme.

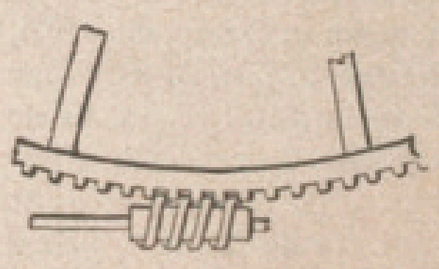
Dans les machines à diviser, la pièce qui exige dans sa construction un soin tout particulier, c'est la plate-forme ; là, on le conçoit, est toute la valeur de la machine.

Aussi la division de ces plates-formes en circonférences concentriques, divisées elles-mêmes en un certain nombre de parties égales, mais différent, est une opération longue et minutieuse. Le premier moyen qui a été employé a été de diviser par tâtonnements et à la main une autre circonférence concentrique, mais d'un rayon beaucoup plus grand, de manière qu'en rapportant par des rayons les divisions de la première sur la deuxième, les erreurs fussent atténuées dans le rapport de leurs dimensions.

Cette méthode conduit nécessairement à refaire la même opération pour chaque nouvelle circonférence qu'on veut diviser en un certain nombre de parties égales, ce qui est très long et sujet à beaucoup d'inexactitude, puisqu'en définitive la première division se fait par tâtonnements et à la main.

Ce qu'on doit chercher, c'est une méthode qui ne laisse aucun tâtonnement, et qui n'oblige pas à recommencer pour une nouvelle circonférence les essais faits pour une autre.

Les méthodes employées aujourd'hui par la plupart des fabricants d'instruments de précision, reposent sur la division exacte de la circonférence extérieure d'un plateau, en parties égales très petites, à l'aide d'une vis tangente d'un pas très fin (fig. 2405). Expliquons-nous : soit un plateau en cuivre ou en fonte de 2m de diamètre, par exemple, porté sur un axe vertical, on divise avec un taraud ou vis sans fin, d'un pas de 1 millim., le pourtour de ce plateau en divisions qui seront équidistantes entre elles de 1 millimètre, et comme cette quantité est très petite, elle se trouvera renfermée sensiblement un nombre exact de fois dans la circonférence. Ce nombre est indiqué par un compteur, qui marque le nombre de révolutions que fait la vis sans fin pour un tour entier du plateau. Supposons que ce nombre de divisions soit 10.000, le compteur étant divisé en 100 parties, par exemple, on pourra apprécier des 100e de millim., puisque chaque division de la plate-forme est de 1 millim. C'est donc comme si on l'avait divisé en 1.000.000 de parties, et alors si on a une circonférence à diviser en un nombre premier de parties, pourvu que ce nombre ne dépasse pas 1.000, on pourra atteindre à une division suffisamment exacte.



2405.

Soit, par exemple, une circonférence à diviser en 101 parties, le nombre 101 est contenu dans 1.000.000, 9900,99 ou 9,901 fois, ce qui fait dire que chaque division de la circonférence à diviser contiendra 99 divisions de la première, plus une fraction 0,01, qui s'apprécie par une division du compteur.

C'est par un calcul et une opération analogues qu'on obtiendra les divisions des circonférences, suivant tel nombre qu'on voudra, pourvu qu'il soit assez petit pour être contenu un grand nombre de fois dans le nombre

TAILLER (MACHINE A).

total des divisions appréciables, car c'est sur cette hypothèse que repose l'exactitude de la méthode.

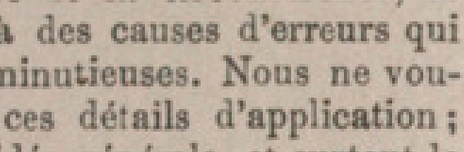
Le pointage de ces divisions sur la plate-forme n'est plus qu'une opération très simple, et qui se fait à l'aide d'un foret placé au-dessous et manœuvré à la main.

Quelque soin qu'on apporte à la division de ces plates-formes, on ne peut pas compter sur une précision mathématique. Les divisions faites sur la circonférence extérieure, bien que petites, pour éviter des erreurs, en laissent encore; ainsi, sur les 10.000 divisions supposées, il arrive qu'en comptant le nombre des divisions contenues dans chaque quart de la circonférence, ce nombre n'est pas égal; de là des causes d'erreurs qui nécessitent des corrections minutieuses. Nous ne voulons pas entrer dans tous ces détails d'application; notre but a été de donner l'idée générale, et surtout le principe de la construction de ces appareils.

Nous allons maintenant nous occuper d'une nouvelle machine à diviser de M. Decoster, qui est fondée sur la division variable et exacte d'une très grande circonférence, laquelle sert ensuite à diviser des circonférences plus petites.

Cette machine se compose d'une grande roue verticale, placée à l'extrémité d'un arbre horizontal tournant sur deux coussinets. La surface annulaire de cette roue est divisée en parties égales par un certain nombre de petits blocs, ou parallélipipèdes en fonte d'alliage particulier, fondus par les procédés de la fonderie en caractères, car leur identité est la condition essentielle de la précision du procédé. Ces blocs (fig. 2406 et 2407) sont maintenus en s'engageant dans une coulisse annulaire. Ils peuvent à volonté être enlevés ou remplacés, de façon qu'en diminuant ou augmentant ainsi le nombre des divisions, elles conservent leur équidistance. Un levier d'arrêt, placé sur le côté, maintient la roue fixe aux points de divisions qu'on veut avoir, en s'engageant dans des encoches faites sur le milieu de chaque bloc.

2406.



2407.

La plate-forme à diviser se monte sur l'axe même de la roue. et un foret horizontal placé en avant y marque les divisions.

Détaillons maintenant cet ensemble :

La grande roue, d'un diamètre de 2m,63, est tournée extérieurement; dans l'épaisseur de la jante se trouve une rainure à talons, dans laquelle viennent se placer 400 petits blocs fondus, tous exactement semblables, et tels qu'ils forment ensemble une circonférence de 8 mèt. de développement.

On enfile ces blocs dans la rainure par une ouverture latérale qu'on referme ensuite. Les blocs ont sur la jante de la roue une saillie de 1 centim. ; ils portent à leur partie supérieure et en leur milieu une encoche, et de chaque côté des rainures obliques affleurant la jante, et sur lesquelles viennent presser des coins triangulaires, qui écartent les blocs quand on en enlève quelques-uns, de façon que leur écartement de centre en centre présente toujours des dimensions égales.

Le mouvement d'avance leur est donné par un anneau en fonte, concentrique avec la roue, et qui, manœuvré par des poignées glissant dans une rainure héliçoïdale, faite dans la jante, la fait avancer jusqu'à ce que les coins aient marché de la quantité nécessaire pour remplir le vide produit par l'enlèvement des blocs.

Ces blocs étant identiques et les coins égaux, toutes les circonférences qu'on tracera seront divisées en parties égales.

La construction de cet anneau demande beaucoup de soins; il faut que la partie latérale sur laquelle les coins s'appuient soit dressée bien plane, pour qu'ils y portent tous; il faut aussi lui donner assez de largeur pour l'empêcher de se voiler. La quantité dont il avance n'est pas toujours égale sur toute la circonférence, il y a souvent eu quelques points du retard, qui provient de l'inégalité dans les hélices, qui sont au nombre de six.

On corrige ce défaut en poussant l'anneau là où il est en retard à l'aide de sergents, dont la vis appuie sur le pourtour.

Il faut avoir soin dans cette manœuvre des coins, de presser ni trop, ni trop peu. Dans le premier cas, on tendrait à comprimer les blocs et à les déformer, et dans le deuxième, il pourrait y avoir entre eux du jeu, ce qui rendrait les divisions inégales. Pour s'assurer du point d'arrêt, on marque à l'aide d'un vernier la quantité dont cet anneau de pression doit avancer ou reculer, et cette quantité, qui dépend du nombre de blocs enlevés, est donnée par une table calculée à cet effet.

Un levier, placé sur le côté de la roue, porte une saillie, qui épouse exactement la forme de l'encoche faite dans les blocs, et assez profonde pour maintenir bien fixe le système.

Ce levier, assez long, est aminci de manière à faire ressort sur lui-même, de façon à s'appliquer exactement dans les encoches. Il est porté sur un châssis glissant entre des glissières et mû par une vis sans fin, qui permet de l'approcher ou de l'éloigner de l'axe de la roue, et le rendre tout à fait libre.

Pour faire sur les plates-formes qu'on divise l'empreinte des divisions, on place un foret horizontal, qu'on peut manœuvrer dans deux sens, l'un perpendiculaire à la plate-forme, pour percer les divisions, l'autre parallèle, pour tracer les circonférences de différents diamètres.

Cette machine, construite suivant les dimensions que nous avons données, peut, par l'enlèvement de 200 blocs, donner directement toutes les divisions de 200 à 400, ainsi que les nombres diviseurs de ceux compris dans cette série.

Telle est la machine de M. Decoster, simple dans sa construction, peu coûteuse d'établissement et d'entretien, ce qui doit dans les arts mécaniques lui faire donner la préférence sur beaucoup d'autres; ajoutons aussi qu'elle donne des divisions suffisamment exactes pour la pratique.

M. Decoster emploie cette machine pour tailler les roues d'engrenages, et pour cela il les fixe, comme une plate-forme à diviser, sur l'axe de la roue. Pour les maintenir fixes, il saisit la couronne entre deux mordaches mobiles, placées sur le support de l'outil; et manœuvrées par une vis sans fin. L'engrenage centré et calé, et les blocs disposés de manière à donner le nombre de divisions correspondant au nombre de dents, on découpe le vide de la dent à l'aide d'une fraise *f*, qu'on fait avancer parallèlement à l'axe de la machine.

Cette fraise diffère de celles employées jusqu'ici, en ce qu'elle est animée d'un mouvement de rotation, selon son axe, comme un foret. Sa forme présente, en coupe longitudinale, celle en creux de la dent, et sa surface, qui est circulaire, porte des rainures héliçoïdales nécessaires pour entamer la fonte. Elle se visse sur un axe horizontal, qui reçoit d'un moteur un mouvement de rotation. Ces fraises ainsi construites sont préférables aux autres, parce que, quelle que soit la grandeur de l'engrenage, elles exigent peu d'acier, réussissent presque toujours à la trempe, demandent moins de main-d'œuvre, coûtent par conséquent moins cher.

Le porte-outil peut, en desserrant la vis, se mettre

de façon que la fraise marche obliquement à l'axe de la machine, et permette ainsi de tailler les roues d'angle, qu'on est cependant, dans ce cas, obligé de retoucher à la main, parce qu'avec l'outil on ne peut faire que des rainures droites, et que dans les roues d'angle elles sont obliques. Ceci est un inconvénient; on ne devrait jamais avoir à retoucher un engrenage divisé par une machine.

En résumé, nous venons de décrire deux systèmes de machines à tailler les engrenages : dans l'un les roues sont placées sur un axe vertical, dans l'autre sur un axe horizontal. Ces deux systèmes sont bons si les plates-formes sont bien divisées, et si elles sont d'un diamètre supérieur à celui des roues à tailler, afin d'atténuer autant que possible les erreurs qui peuvent se trouver sur les premières divisions.

Le système Decoster n'a pas donné dans la pratique les résultats que l'on avait pu en attendre; le mouvement égal et simultané des coins n'a lieu qu'imparfaitement, et on n'obtient pas ainsi la précision à laquelle on arrive avec la vis sans fin (Voir l'article MACHINE-OUTILS pour le complément du présent article).

MATHIEU.

TALC. Minéral gras et onctueux au toucher, ayant beaucoup d'analogie avec le mica, dont il diffère surtout en ce qu'il n'est pas élastique (Voyez GÉOLOGIE).

TAMIS. Un tamis consiste en un cercle ou tambour, généralement en bois, sur lequel se trouve tendue une toile dont le tissu est d'autant plus serré qu'on veut obtenir une poussière plus fine; cette toile est en fil de métal, en crin, en fil de chanvre, en gaze ou en soie, selon l'usage qu'on en veut faire. On l'applique en la tendant sur le bord du cercle, dans lequel on fait entrer de force un autre cercle d'un diamètre un peu plus petit: la toile se trouve ainsi arrêtée et tendue; on coupe ensuite ce qui dépasse les bords du petit cercle. Quelquefois on recouvre l'ouverture d'un autre tamis dont l'étoffe est remplacée par une peau, et qui entre comme un couvercle de tabatière, pour enfermer exactement la poudre qu'on veut tamiser et n'en rien perdre.

TAM-TAM. Les tam-tam et les cymbales se font avec un bronze qui contient: cuivre 0,80 et étain 0,20. Cet alliage offre la singulière propriété d'être très-cassant lorsqu'il a été refroidi lentement, et au contraire de devenir malléable lorsqu'après l'avoir chauffé au rouge-sombre, on le trempe en le plongeant dans l'eau froide.

D'Arcet a fondé sur cette propriété une fabrication des tam-tam; mais on réussit mieux en suivant le procédé chinois qui consiste à travailler le métal au rouge-sombre et le trempant ensuite.

TAN. Le tan, ou mieux les écorces végétales renfermant du tannin, est utile en raison de la quantité de ce réactif précieux qu'il renferme; il sert pour agir sur la gélatine, l'albumine, etc., et aussi dans la teinture pour fournir des précipités noirs avec les sels de fer. Les progrès du déboisement en Europe, pendant que la consommation du tan augmente sans cesse, tendent à faire croître le prix du tan, même sans applications nouvelles de cette substance, qui convient tout particulièrement pour le travail des sucs végétaux, pour débarrasser les jus des bases qui gênent la séparation des matières sucrées, alcooliques, etc. On a donc senti la nécessité de rechercher des végétaux, autres que le chêne, à exploiter, car on a reconnu que la plupart des écorces des végétaux renfermaient du tannin, un petit nombre en quantité suffisante pour valoir les frais d'exploitation; quelques-uns, dans les pays chauds, semblent pouvoir fournir des ressources précieuses à l'industrie. Nous en dirons quelques mots après avoir parlé de la préparation ordinaire du tan et d'abord nous indiquerons la nature du tannin ou principe actif du tan.

Le tannin ou acide tannique, matière tannante des végétaux, est une matière incolore, très-soluble dans l'éther, d'une saveur astringente; il précipite les solutions de gélatine et des alcalis en blanc, et les sels de peroxyde de fer en bleu noir. A l'air, en dissolution dans l'eau, il se transforme en acide gallique. On l'obtient aisément en plaçant un tampon de coton au fond d'une allonge effilée à son extrémité, le remplissant à demi avec de la noix de galle pulvérisée, versant dessus de l'éther, fermant avec un bouchon et posant la pointe en bas, dans le col d'une fiole; au bout de quelques jours on trouve dans la fiole deux couches bien distinctes. En évaporant l'inférieure, qui est la plus dense, on obtient du tannin sec et pur dans la proportion de 50 p. 100 de la noix de galle employée.

Préparation du tan. — L'écorce de chêne doit être détachée de l'arbre, séchée, hachée, puis finement pulvérisée. L'époque à laquelle on enlève l'écorce n'est pas indifférente. Ainsi celle enlevée au printemps, quand la sève est en pleine activité, contient d'après Davy, 6,04 p. 100 de tannin, tandis que celle recueillie en automne n'en renferme plus que 4,38.

Pour enlever l'écorce du chêne, on en coupe une couronne circulaire aux deux extrémités du tronc, puis on l'arrache par bandes en la fendant de haut en bas; on la sèche ensuite lentement et à l'ombre. C'est là le travail qui se fait en forêt, aussitôt après l'abattage des taillis de chêne; les écorces sont mises en bottes de 16 à 18 kilogrammes pour la vente. Décrivons les opérations usitées pour les broyer.

Les longs fragments ou cannelles sont d'abord divisés en morceaux de deux à six centimètres pour former des écorçons propres à la fabrication du tan.

On employait autrefois de petites hachettes pour faire ce travail à la main, mais il était bien aisé de faire cette opération mécaniquement, ce qui a lieu au moyen d'un appareil analogue au hache-paille des fermes, ou plutôt au coupe-chiffons des papeteries. Les écorces étendues sur un plan incliné sont fournies par deux cylindres aux lames d'acier, tournant rapidement au-devant d'eux.

Pour réduire en poudre les écorces de chêne, on a employé tous les moyens de broyage, les pilons, les meules verticales et horizontales; mais le tan travaillé en masse, s'échauffe assez souvent et se détériore. On préfère généralement les moulins à noix, analogues aux moulins à café (fig. 1). Des appareils à dents de scie

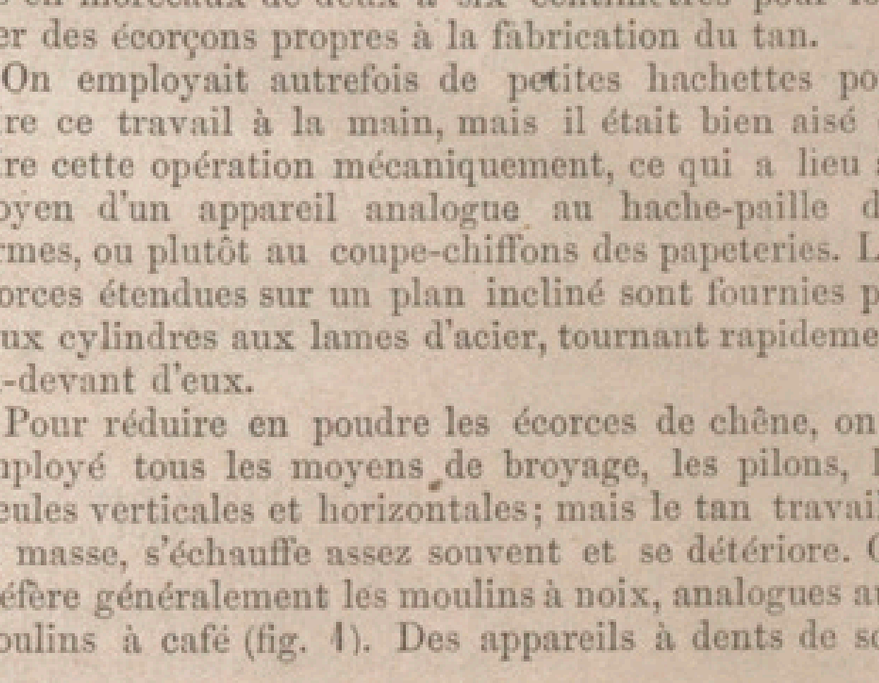


Fig. 1.

rappelant les rapes des sucreries de betteraves sont établies avec assez de succès par plusieurs constructeurs.

Substances pouvant remplacer l'écorce de chêne. — Il est difficile d'apprécier la quantité de tan consommée dans les différents pays; des calculs basés sur le nombre d'hectares livrés chaque année à l'écorçage, donnent pour la France une production de 225 à 250 millions de kilogrammes. Or, la tannerie a besoin du double de cette quantité, ce qui explique le prix élevé du tan, qui atteint 14 à 15 francs les 100 kilogrammes, et les nombreuses recherches relatives aux succédanés. Nous donnerons ici des détails sur cette intéressante question en mettant à profit un rapport intéressant fait par M. Cavaré à l'Exposition de 1867.

La noix de galle est la substance la plus riche en tannin: mais précisément parce qu'elle fournit le tannin dans un état remarquable de concentration et de pureté, elle est recherchée pour les emplois les plus délicats de cette substance, et assez rare d'ailleurs, elle est par suite en général trop chère pour être employée pour la tannerie. (Voy. GALLIQUE *acide*.)

Le marc de raisin distillé pour en retirer tout l'alcool avait, dit-on, l'avantage de donner dans un bref délai un cuir excellent et d'une odeur douce et agréable. Les pommes de pin, et surtout les pommes de mélèze réduites en poudre, paraissent aussi propres, les unes et les autres, à remplacer l'écorce de chêne; nous ne connaissons pourtant pas d'établissement qui ait continué à employer d'une manière courante ces deux produits.

La myrtile (vaccinium myrtilus), qui vient aisément dans le nord de la France, peut, étant coupée au pied, donner chaque année un bois qui se sèche facilement, inaltérable à l'humidité et d'une mouture facile. Employée à proportion de moitié inférieure à celle du tan, elle donne plus promptement un cuir de qualité supérieure.

La Russie exposait en 1867 une substance encore peu connue, la racine du statice (*statice coriaria, statice latifolia*). Cette plante vient naturellement dans les steppes de la Russie méridionale, et ses racines très-fortes pénètrent profondément en terre; depuis longtemps les Kalmoucks l'emploient, concurremment avec le lait aigri, pour préparer les peaux de bouc et de mouton dont ils font leurs vêtements. Le statice vient aussi naturellement dans le midi de la France, dans l'Espagne et le Portugal. Autour de Narbonne, on rencontre très-fréquemment la variété appelée *statice limonium* (Linnée), dont la racine, fort grosse, est très-riche en tannin. Les tanneurs de ce pays l'emploient avec avantage et la proclament supérieure au tan; on obtiendrait avec elle une économie de matière et de temps, un cuir souple, moelleux, d'une belle couleur et résistant bien à l'humidité.

En Angleterre et en Irlande on avait préparé des infusions de bruyères qui donnaient de bons résultats; ce procédé paraît pourtant abandonné. Les feuilles de l'artichaut (*cynara scolymus*) (Linn.), du cardon (*cynara cardunculus*) (Linn.), du prunellier (*prunus spinosa*) (Linn.), les tiges de la ciguë, *conium maculatum*, infusées dans de l'eau bouillante, ont servi à préparer des cuirs d'un bon usage; mais elles ne sont jamais entrées dans le domaine industriel. En Écosse, au contraire, on se sert couramment, pour préparer les cuirs légers, des écorces du *larix europeus* et du bouleau blanc (*betula alba*).

L'Italie et l'Espagne ont envoyé à l'Exposition des baies de genièvre, des feuilles de myrte et de bousserole ou petit buis (*arbutus uva ursi*) (Linn.), des feuilles et des écorces de tamarix.

Les tanneurs se servent encore, à défaut d'écorce de chêne, d'écorces moins riches, telles que celles du châtaignier, du sapin, du frêne, du peuplier d'Italie, du hêtre, du saule, etc.

Châtaignier. Dès l'année 1825 M. Michel, de Lyon, avait remarqué que le fer, au contact du bois du châtaignier humide, donnait du tannate de fer, et, depuis cette époque, il avait substitué, dans la teinture en noir des soies, le bois de châtaignier à la noix de galle. Plus tard, il eut l'idée de l'appliquer au tannage des peaux, et, après quelques insuccès, il parvint à un bon résultat. En appliquant au bois de châtaignier le procédé de dosage du tannin, indiqué par M. Malaguti, on a trouvé une moyenne variant de 5 à 6 pour 100, suivant l'âge et la qualité des échantillons, les vieux arbres étant bien préférables aux jeunes. Le bois, découpé en bûchettes, peut attendre impunément en plein air le moment où il sera envoyé au moulin à tan, car la pluie pénètre difficilement le châtaignier, et n'enlève le tannin que sur une faible couche de la surface.

L'emploi du bois de châtaignier exige quelques précautions particulières; il doit être parfaitement sec avant d'être envoyé au moulin à tan, sinon il se combine avec le fer des outils broyeurs et produit des taches sur le cuir; son tannin est absorbé très-rapidement, et si on laisse les peaux trop longtemps au contact du bois et du jus, on n'obtient que des cuirs mous, des *cuirs mouillés;* il faut éviter avec soin les eaux calcaires, qui donneraient des cuirs tachés ou ayant du moins une teinte générale grisâtre; cela est facile en préparant les nouveaux jus avec les eaux provenant d'anciens jus. M. Hanriot (de la Tour du Pin), s'est livré à la fabrication de l'extrait concentré de bois de châtaignier en utilisant les vieux arbres des montagnes des Alpes; ses produits sont très-recherchés, surtout par les fabricants d'alcool.

Nous nous sommes étendu sur ce sujet, parce que, si les résultats futurs répondent à ceux qui sont déjà atteints, il y aura dans ce produit une grande ressource pour la tannerie française. L'expérience a montré en effet que le bois de châtaignier, le plus riche en tannin, provient d'arbres de 80 ans, à l'écorce rugueuse, et dont le tronc est impropre à la charpente. Un hectare contient 80 arbres, dont chacun fournit en moyenne 3,000 kilogrammes de bois, soit 240,000 kilogrammes par hectare. Pour obtenir les 240 millions de kilogrammes de matières tannantes qui manquent en France, il suffirait d'abattre 1,000 hectares par an, et d'avoir, par suite, 80,000 hectares de châtaigniers aménagés. Or, d'après une statistique récente, la surface consacrée à la culture du châtaignier est de 578,236 hectares, c'est-à-dire, au moins huit fois de quoi compléter le déficit, et trois ou quatre fois ce qu'il faudrait pour alimenter exclusivement la tannerie française.

Sumac. Le sumac des corroyeurs (*rhus coriaria*), originaire d'Asie, introduit en Europe en 1596, se rencontre aujourd'hui en Provence et dans le Languedoc. Il gèle plus au Nord. C'est un arbrisseau de 3 à 4 mètres de hauteur. On récolte ses feuilles pour les vendre aux tanneurs, qui s'en servent pour le tannage des peaux de mouton destinées à la fabrication des maroquins; le sumac offrant l'avantage de ne pas colorer les peaux.

La récolte des feuilles de sumac se fait pendant les mois de juillet et d'août. On coupe les rameaux et on les laisse sur le sol pour les faire sécher. On sépare les feuilles par un battage, puis on les porte à un moulin pour les pulvériser.

Un hectare de terrain planté en sumac produit au moins 1,000 kilogrammes de feuilles sèches.

On importe en France chaque année deux millions de kilogrammes de sumac de Sicile, d'une valeur de 800,000 francs. Bien que la qualité en soit recherchée, c'est une conquête à faire par nos cultivateurs du Midi et les colons d'Algérie.

Produits originaires de l'Amérique, des colonies, etc. — Chaque pays a su trouver dans les végétaux qui le cou-

vrent, des écorces ou des bois propres au tannage. En l'absence d'analyse, de résultat comparatif, dit M. Cavaré, nous ne pouvons, le plus souvent, qu'énumérer les plantes, sans porter un jugement raisonné sur leur valeur industrielle.

On doit signaler en premier le *divi-divi*, fruit de la *cæsalpina coriaca*, très-répandu sur les côtes du Mexique, de la Colombie et des Antilles, et abondant dans l'Inde. Il contient 36 à 40 pour 100 de tannin. Il est employé en grande quantité et avec succès en Angleterre pour le tannage des cuirs forts.

La noix d'arec, fruit d'un palmier qui croit abondamment à Ceylan, très-riche en tannin, et dont l'Angleterre reçoit trois ou quatre millions de kilogrammes.

Le cachou, extrait obtenu en faisant bouillir le bois réduit en poudre de plusieurs espèces de légumineuses croissant dans l'Inde et divers pays de l'Asie, et surtout le fruit du *mimosa catechu*. Ce dernier (terre du Japon) coûte jusqu'à 120 fr. les 100 kilogrammes, mais il renferme 50 à 55 pour 100 de tannin.

Dans les contrées tropicales, où on doit naturellement chercher des approvisionnements pour notre industrie, on peut signaler les végétaux ci-après :

A la Martinique, les écorces du *caltapa longissima* ou chêne des Antilles, qui croît adondamment dans cette île et jouit de propriétés semblables à celles du chêne d'Europe; du *byrsonima spicata* et du *malpighia spicata*, appelé vulgairement bois-tan ; du *mangifera indica* ou manguier.

A la Guadeloupe, les écorces du *byrsonima altissima* et du *malpighia altissima* ou moureiller ; du *bucida buceras* (Linn.) ou gris-gris ; du *conocarpus erectus* ou palétuvier gris; du *psidium pomiferum* (Linn.), ou goyavier à fruits durs; de l'*inga dulcis* ou bois doux.

La Guyane française produit le *rhizophora mangle*, ou palétuvier rouge, dont l'écorce contient de six à sept fois plus de tannin que l'écorce de chêne et se réduit plus facilement en poudre.

Au Sénégal, on trouve les gousses de l'*acacia nilotica*, ou neb-neb, et de l'*acacia adamsonia*, ou gonakié. On les emploie concurremment avec les glumes du sorgho au tannage des maroquins. Le Gabon produit une matière tannante assez curieuse, connue sous le nom de séve de combo, et très-riche, dit-on, en tannin.

L'Inde emploie l'écorce du *tectona grandis*, du *ventilago maderaspatana*, du *terminalia chebula*, ou mirobolan citrin. Mais parmi les produits qui, déjà sortis des limites de la consommation locale, sont devenus l'objet d'un commerce important, il faut citer les fruits de plusieurs espèces de mimosa, le divi-divi et la noix d'arec, dont il a été parlé plus haut. La Cochinchine fournit aussi des noix d'arec.

Dans les colonies anglaises, on trouve dans la Nouvelle-Galles du Sud, les écorces de l'*urtica gigas* ou grande urticaire, du *brachychyton luridum* ou sycomore, du *melaleuca uncinata* ou arbre à thé. Dans la Tasmanie et à Queensland, les écorces d'*acacia melanoxylon*. Dans l'Australie du Sud, les mêmes écorces, et, en outre, celle de l'*eucalyptus*.

Dans le Canada, les Indiens tannent avec l'écorce du bouleau les peaux des animaux tués à la chasse ; aussi leurs cuirs contractent-ils une odeur analogue à celle du cuir de Russie. Les colons emploient presque uniquement l'écorce de l'*abies canadensis* ou pruche, un des plus beaux arbres de ce pays, que l'on trouve surtout sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent. Entre Québec et Montréal, on abat un grand nombre de ces arbres pour faire les traverses des chemins de fer. La consommation locale ne pouvant utiliser toutes les écorces, on a eu l'idée de faire macérer le surplus dans l'eau bouillante et de concentrer la liqueur de manière à obtenir un extrait de tan liquide. Nous avons vu à l'Exposition quelques flacons de cet extrait que l'Angleterre commence à importer d'une manière remarquable.

Les Indes anglaises préparent un extrait analogue, appelé gambier, avec l'*uncaria gambir*, et l'Angleterre n'en consomme pas moins de 10,000 tonnes par an.

Cette énumération, quoique bien longue, ne comprend pas pourtant le nom de toutes les plantes que les divers pays emploient au tannage des peaux. On voit donc que si l'on n'a pu encore trouver de produits artificiels jouissant des mêmes propriétés que le tannin, on rencontre ce dernier répandu dans la nature avec abondance, avec profusion même; il suffit de le chercher. Malheureusement, la science est restée jusqu'ici presque étrangère à ces questions intéressantes; loin de se livrer à une étude rationnelle, les tanneurs se sont laissés guider par l'empirisme; une longue expérience a seule établi la classification des matières employées dans la tannerie, mais elle ne peut servir à rien en face de produits nouveaux; il faut recourir aux méthodes scientifiques. D'un côté, le développement toujours croissant de la production des cuirs ; d'un autre côté, le défrichement qui atteint peu à peu toutes les forêts européennes, forceront les intéressés à sortir de cette routine, et il leur sera facile de substituer des produits nouveaux à l'écorce de chêne, devenue trop rare. Ils peuvent chercher parmi les végétaux d'Europe des espèces dont on a méconnu jusqu'ici la richesse en tannin; le succès qui a couronné l'emploi du châtaignier constitue un heureux encouragement. Ils peuvent encore soumettre à des analyses précises, suivies, les échantillons de bois et d'écorces exotiques, et importer ceux qui auront donné les meilleurs résultats; ils peuvent étudier les extraits qu'envoient le Canada, l'Inde, les colonies, et faire préparer ceux qui supportent sans altération le voyage et les variations de température.

EMPLOI DE LA TANNÉE ÉPUISÉE.

Presse à sécher la tannée. Tout le monde sait l'énorme quantité de tan qui se consomme dans les tanneries ; on sait aussi que le tan épuisé, ou *tannée*, est employé à confectionner des mottes à brûler, mais sans que cette consommation puisse arriver à débarrasser les tanneurs de leur excédant de tannée. On a pensé à employer cette matière comme combustible pour produire la vapeur nécessaire aux machines à vapeur actionnant des machines qui se multiplient dans le travail des cuirs, mais comme la tannée sortant des fosses est imprégnée d'une quantité d'eau considérable, il fallait la faire sécher. Le moyen employé jusqu'à ce jour était l'étendage sur une grande surface, à l'air libre et au soleil ; en été on faisait des provisions de tannée sèche pour l'hiver. C'était là un moyen primitif, nécessitant de vastes terrains, peu économique et souvent compromis. M. Breval a pensé qu'il était possible de sécher suffisamment la tannée et, de plus, de recueillir les jus de tannin qu'elle contenait encore. Il construisit alors sa presse cylindrique (fig. 2), dans laquelle la tannée jetée dans une trémie, au sortir des fosses, passe sous les cylindres, d'où elle sort aussi sèche qu'il est possible de l'obtenir à l'air libre. On peut alors la jeter dans des fourneaux disposés convenablement, où elle brûle parfaitement, sans avoir besoin d'y mélanger aucun autre combustible. On sèche ainsi 16 mètres cubes de tannée pendant dix heures de travail. Le jus de tan s'écoule d'un autre côté, et peut, après un dépôt préalable, être reversé dans la circulation de la fabrique. On extrait ainsi environ 60 pour 100 de jus en moyenne. Cette machine, bien qu'elle ne soit, à proprement parler, qu'un accessoire pour la fabrication, n'en est pas moins un véritable progrès apporté à l'industrie de la tannerie. Elle rend libres les vastes terrains nécessaires au séchage de la tannée, et permet aux industriels, non-seulement de ne pas faire de dépenses de chauffage, mais encore de pouvoir trouver le place-

ment de l'excès de tannée dans les fabriques voisines, en les alimentant d'un combustible, de médiocre qualité il est vrai, mais aussi d'un prix très-bas.

La figure 2 montre la coupe de cette presse à cylin-

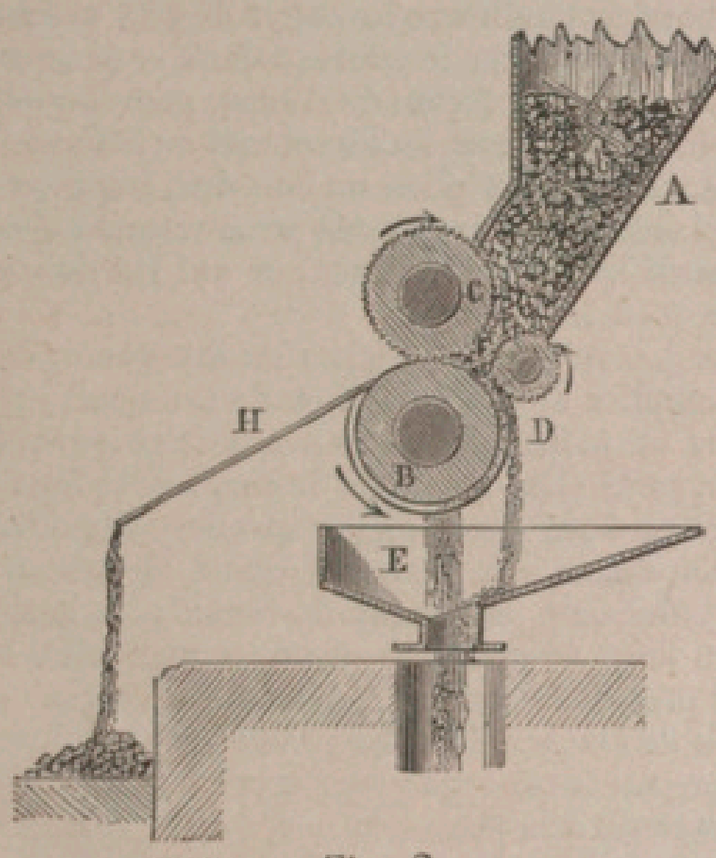


Fig. 2.

dre, fort simple en apparence, mais fort remarquable par la perfection avec laquelle un mécanicien expérimenté a résolu un problème bien compris, par une machine opératrice répondant complétement aux besoins d'une industrie.

La tannée humide est projetée dans une trémie A, munie d'un agitateur qui assure le mouvement de descente; le cylindre inférieur B est lisse, le cylindre supérieur C est seul cannelé. Un cylindre cannelé D, plus petit, tournant en sens inverse du cylindre C, exerce une première pression sur la tannée qui fait sortir l'eau qui s'écoule dans la cuvette E, action complétée par la pression entre B et C. La tannée s'écoule sur la table H, non pas sèche, mais pouvant être parfaitement utilisée comme combustible pour le chauffage d'une chaudière à vapeur, en chargeant le foyer sur le devant, pour que la dessiccation puisse se compléter par l'action du feu.

La presse Breval peut sécher en dix heures 12 ou 15 mètres cubes de tannée avec la force d'un cheval et demi. Le jus de tan extrait par la machine filtre à travers une plaque percée de trous et tombe dans une cuvette, d'où il est conduit au dehors.

TANNAGE. Les peaux, dit Dumas, sont formées d'une matière animale que l'eau bouillante convertit facilement en gélatine. Elles s'imprègnent d'eau et se putréfient dans les lieux humides. A l'air, elles se dessèchent et acquièrent une dureté et une raideur qui en rendent la destruction par le frottement prompte et facile.

Le tannage a pour effet de combiner la matière animale de la peau avec le tannin, et de produire ainsi un composé insoluble dans l'eau froide et peu disposé à s'en pénétrer, peu attaquable même par l'eau bouillante, ne fournissant pas de matière animale pure aux dissolvants, mais leur cédant toujours à la fois de la matière animale et du tannin. Il résulte de ces diverses propriétés que le cuir est devenu imputrescible, car il est évidemment devenu impropre à servir d'aliment aux animaux et aux animalcules microscopiques qui figurent dans toutes les fermentations putrides.

Le cuir est plus dur, plus résistant que la peau; mis en contact avec de l'eau, il s'en imprègne comme une éponge, mais bientôt il la perd par l'évaporation. La peau, au contraire, la conserve ensuite longtemps et peut alors éprouver des altérations putrides.

Comment le tannin opère-t-il pour conserver aux

peaux leur souplesse tout en les rendant imputrescibles? On admet assez généralement que c'est surtout en agissant sur les fibres qui constituent la peau, en empêchant leur adhérence, tout en s'opposant à leur fermentation.

Il importe de connaître comment sont formées les peaux, ce qui rend compte des façons destinées à conserver certaines parties et à en faire disparaître d'autres.

La couche supérieure traversée par les poils est l'*épiderme*, presque translucide et formée de cellules.

La portion la plus externe de l'épiderme s'appelle *couche cornée*. C'est un tissu mort qui disparaît continuellement par l'usure. Au-dessous de l'épiderme vient le réseau muqueux, rempli d'un liquide; c'est un appareil d'exhalation et le siége du tact. Vient enfin une troisième couche, le *derme*, bien plus épaisse que les précédentes, composée non de cellules mais d'un feutrage serré de tissus fibreux. C'est cette partie de la peau qu'il s'agit de rendre imputrescible par le tannage. Sous le derme se trouve le tissu conjonctif sous-cutané.

Les *peaux* qui arrivent à l'atelier de tannage se divisent en trois catégories : les peaux fraîches, les peaux salées, et les peaux desséchées; c'est dans ces deux derniers états que nous arrivent les peaux de l'Amérique du sud. La nature propre des peaux nous portera à diviser la description des procédés de tannage en deux classes, suivant que l'on se propose d'obtenir des cuirs mous ou des cuirs forts : les cuirs mous se fabriquent avec les peaux de vaches, de veaux, de chevaux, etc.; les cuirs forts, avec les peaux de bœufs, de buffles, etc.

Tannage des peaux destinées à donner des cuirs mous. Ces peaux sont, comme nous l'avons dit, celles de vaches, de veaux, de chevaux, etc. On commence par les laver, s'il se peut, dans une eau courante, pour les ramollir et les dessaigner; cette opération ne dure que deux ou trois jours pour les peaux fraîches; elle est plus longue pour les peaux sèches, et surtout celles qui sont salées, qu'il faut non-seulement laver, mais fouler aux pieds, étirer chaque jour, passer au chevalet, etc., jusqu'à ce qu'elles soient convenablement assouplies.

Aussitôt le *dessaignage* terminé, on porte les peaux à l'atelier de *pelanage*, qui se compose ordinairement de cinq bassins rectangulaires, en bois ou en maçonnerie, remplis de lait de chaux plus ou moins fort; chaque bassin peut renfermer de cent cinquante à trois cents peaux; on fait passer celles-ci successivement dans les cinq bassins, en commençant par le *plain mort*, c'est-à-dire le plus faible ou le plus épuisé, et finissant par le *plain neuf*, ou le plus énergique que l'on vient de revivifier en y ajoutant de la chaux parfaitement éteinte et passée au tamis. Le pelanage dure de trois à quatre semaines. On emploie environ un hectolitre de chaux par vingt à vingt-cinq peaux de moyenne grandeur.

Le pelanage terminé, on procède au *débourrage* ou *épilage*, opération qui consiste, comme l'indique son nom, à enlever le poil et l'épiderme en râclant la peau de haut en bas avec un couteau émoussé, dit couteau rond. Cela fait, on lave les peaux dans l'eau et on leur fait subir sur le chevalet les quatre opérations suivantes, en les lavant dans l'eau entre chacune : 1° On écharne, c'est-à-dire on enlève la chair et les impuretés qui restent attachées à la peau, avec un couteau tranchant à lame circulaire; 2° on rogne les lambeaux inutiles de la peau et surtout on baisse les parties fortes avec un couteau de forme appropriée; 3° on adoucit le grain de la fleur, c'est-à-dire le côté du poil, avec une queurse ou pierre à affûter emmanchée comme un couteau rond; 4° enfin, on nettoie parfaitement les deux côtés de la peau, avec un couteau à lame circulaire, jusqu'à ce que l'eau de lavage sorte bien limpide.

TANNAGE.

Les figures ci-après (fig. 3) représentent les principaux outils servant au travail des peaux: A, couteau à écharner, ayant la courbe du chevalet incliné sur lequel on place la peau pour le travail de rivière; B, queurse à lame d'ardoise; C, couteau drayeur, dont il sera parlé plus loin en traitant de la corroierie; D étire à mettre au vent, c'est-à-dire à étendre, allonger la peau; E petite queurse à lame de pierre.

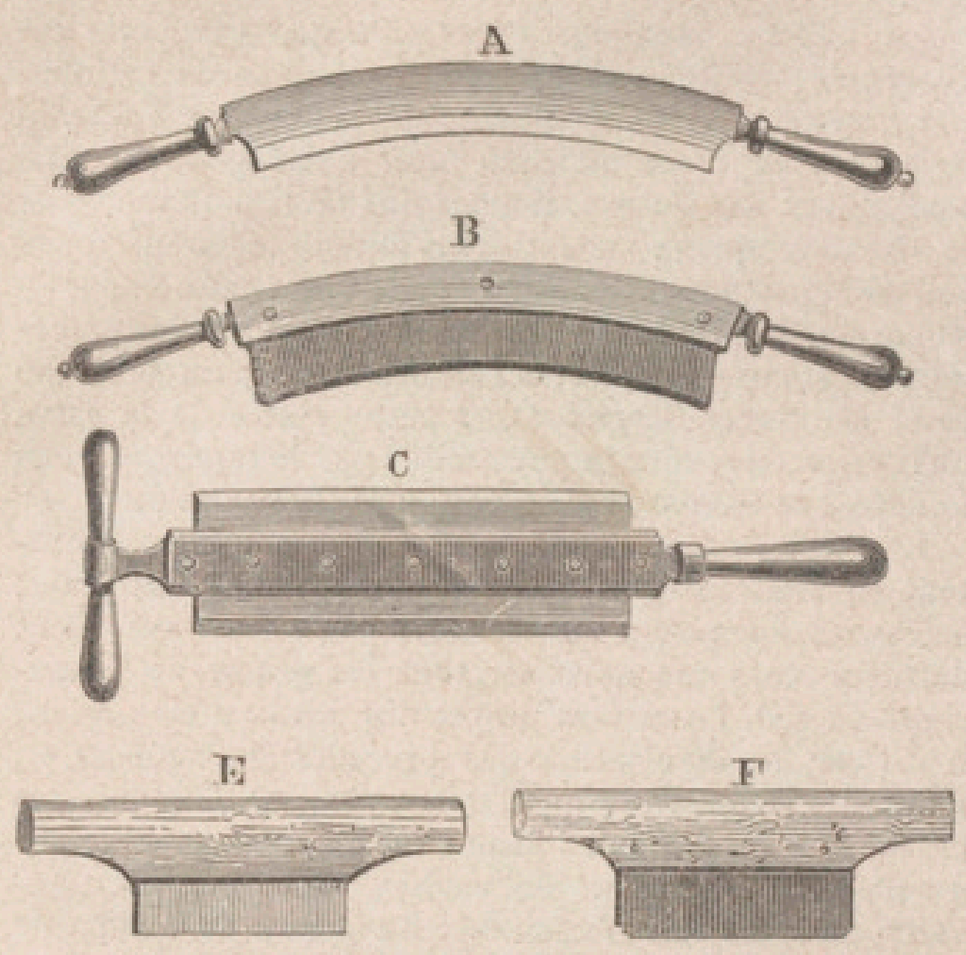


Fig. 3.

Les peaux, après les opérations ci-dessus décrites, ne sont pas encore suffisamment gonflées pour être soumises au tannage proprement dit; on opère ce gonflement par l'opération du coudrement, qui consiste à les introduire dans des cuves, contenant une dissolution de *tannée* (tan épuisé en grande partie dans les fosses et altéré par un long séjour à l'air) acide et faible, dite *jusée*, marquant 0°,4 à l'aréomètre; on relève les peaux chaque jour, pendant les trois à quatre premiers jours, en ajoutant à chaque immersion un à deux panniers de tannée et y agitant les peaux pendant quelques heures; on laisse ensuite les peaux en repos pendant trois ou quatre jours, puis on les porte dans une dissolution de tan neuf marquant 0°,9; enfin, après avoir augmenté à deux ou trois reprises la force de la dissolution et agité à chaque fois les peaux comme ci-dessus, on les laisse reposer pendant une quinzaine de jours.

Au bout de ce temps, on porte les peaux aux fosses où s'opère le tannage proprement dit: on place d'abord au fond des fosses une couche de vieux tan de 0m,15 environ, puis une couche de tan neuf de quelques centimètres; on dispose par dessus les peaux en les séparant par des couches de tan et, enfin, au-dessus de la dernière couche de tan, on place une couche de tannée de 0m,33, que l'on recouvre de planches chargées de pierres. On fait alors arriver dans la cuve de l'eau déjà chargée de tan qui, humectant toutes les parties, dissout le tannin, le porte sur la peau, et détermine la combinaison avec la matière animale. Les fosses ainsi remplies contiennent six à sept cents peaux et sont abandonnées à elles-mêmes pendant trois à six mois; pendant cet intervalle, on ne relève les peaux qu'une seule fois pour les disposer en sens inverse, celles de dessus au fond et réciproquement, entre de nouvelles couches de tan neuf.

Peaux de veaux. Les procédés qui viennent d'être décrits se rapportent surtout au travail des peaux de vaches; les peaux de veaux, plus facilement altérables, doivent être travaillées avec plus de soin. On les débourre à la queurse, espèce de couteau à lame d'ardoise, et non au couteau à lame métallique, la fleur étant très-fine et ne devant jamais être altérée.

Le travail au couteau ne peut être exécuté que par une main très-exercée. L'ouvrier doit toujours travailler en fauchant, attendu que les coups directs et fortement appuyés font pénétrer le couteau dans la peau et la détériorent. Après les façons de rivière, pour donner à ces peaux plus de souplesse, on les soumet au foulage. Quatre hommes, munis d'un pilon en bois dur, frappent sur les peaux placées dans un baquet avec très-peu d'eau. On rompt ainsi le nerf de la peau, ce qui lui donne de la douceur et de la souplesse.

Après les refaisages, l'agitation des peaux dans des cuves remplies de jus de tan et de tan neuf, opération qui dure un mois, les petites peaux sont généralement tannées, mais elles n'ont pas le corps et la fermeté nécessaires à leur qualité, ce qu'elles acquerront en fosses. On donne aux peaux de veaux légères une seule fosse; quand on a des peaux de veaux plus lourdes, on passe en deux fosses, dans chacune desquelles le contact est prolongé de six semaines à deux mois.

Peaux de cheval. Pour les peaux de cheval, on remplace souvent le tannage proprement dit dans des fosses, par le *tannage à la flotte*, qui ne dure que trois semaines environ, et qui s'opère tout comme le travail des cuves ou mise en jusée, en employant des dissolutions de tan neuf de plus en plus fortes. On n'obtient toutefois ainsi que des produits de seconde qualité.

Peaux de moutons et de chèvres. Les peaux de chèvres se tannent, à peu de chose près, comme celles de veaux; seulement elles demandent plus de façons de rivière, à cause de leur nature sèche. Les peaux de moutons sont délainées au moyen du procédé employé pour la mégisserie, c'est-à-dire par un mélange de chaux et d'orpin qu'on étale sur la chair. On plie la peau et on l'abandonne en cet état; vingt-quatre heures suffisent, en été, pour obtenir le délainage. On passe ensuite les peaux délainées aux plains, afin de les gonfler, et on les travaille de rivière, puis dans les passements et les refaisages, enfin en fosses. La peau de mouton tannée est dite *basane*.

Tannage des peaux destinées à donner des cuirs forts. Ces peaux sont celles de bœufs, buffles, etc.; leur préparation, pour fournir des cuirs souples aussi compacts que possible, diffère de celle des cuirs mous en quelques points que nous allons faire connaître:

Le pelanage est supprimé et remplacé par une légère fermentation putride que l'on fait subir aux peaux entassées dans une chambre échauffée; depuis quelques années, on remplace cette opération par une autre qui consiste à exposer les peaux, pendant 24 heures, à l'action de la vapeur d'eau dans une chambre ou étuve maintenue à une température entre 20° à 25°. On procède ensuite, comme à l'ordinaire, à l'épilage. Le gonflement des peaux au passage à la jusée est très-long lorsqu'on n'emploie que du jus de tan aigri; on l'accélère considérablement en ajoutant à la jusée, dans tous les *passements*, excepté le premier, de l'acide sulfurique jusqu'à ce qu'il marque 10 à 12° au pèse-vinaigre.

Les peaux gonflées par le passage dans des jus acides, le tannage proprement dit commence dans une fosse dite de refaisage. Dans cette fosse, on place les cuirs avec du jus de tan non aigri et des morceaux d'écorce de chêne. On les laisse séjourner environ un mois dans cette fosse, puis on les couche en fosses. On répète trois fois cette opération. La première poudre (tan) se donne sur la fleur; elle doit être fine, et le contact dure deux à trois mois; la seconde se donne sur chair, plus grosse que la première poudre, et l'opération dure trois à quatre mois. On pourrait la faire durer plus longtemps sans inconvénients. Enfin, la troisième écorce ou poudre se donne sur la fleur. On emploie de la grosse écorce et l'on prolonge le contact pendant quatre à cinq mois,

ce qui fait en totalité, pour le cuir, neuf mois à un an de fosse.

Machines à refendre. Les cuirs tannés de bœuf ont une épaisseur considérable; lorsque, pour leur emploi, ils doivent être amincis, on peut y arriver par le dérayage à la main; mais alors on perd toute l'épaisseur ôtée au cuir primitif, cette épaisseur surabondante étant enlevée par couches et en morceaux, sous forme de *bourriers*. La scie ou la machine à refendre permet, au contraire, d'enlever, d'une seule fois et en un seul morceau, toute l'épaisseur excédante, et ce cuir ainsi enlevé, qu'on nomme *croûte*, a encore une valeur pour des emplois déterminés.

On a commencé par se servir, pour ce travail, d'une scie de forme circulaire qui refendait le cuir par bandes successives; aujourd'hui on opère sur le cuir dans toute sa largeur, au moyen d'un couteau rectiligne, d'une longueur supérieure à la plus grande largeur de la peau. Le couteau, animé d'un mouvement alternatif rapide, faisant 4 à 500 oscillations par minute, coupe le cuir bien tendu, la fleur en dessous, en commençant l'opération par la culée, pour la terminer à la tête; les machines sont aujourd'hui construites avec une telle précision, qu'on peut refendre les cuirs en trois épaisseurs. On ne s'est pas contenté de scier ainsi les cuirs tannés; on a voulu, et c'est ce qui se pratique le plus ordinairement aujourd'hui, refendre les cuirs après le travail de rivière, avant le tannage. On profite ainsi des surfaces nouvelles pour obtenir un tannage plus rapide. C'est ce qu'on appelle scier ou refendre les *cuirs en tripes*.

Les cuirs forts tannés sont nettoyés sur des tables en bois, au moyen de brosses ordinaires, puis séchés pendant quelques jours à l'air libre. Enfin, on termine le cuir en le martelant, soit à la main, soit au moyen du marteau mû par une roue hydraulique ou une machine à vapeur (voir plus loin), ou par le roulement très-énergique d'un cylindre de bronze, chargé de poids plus ou moins forts; dans tous les cas, on facilite singulièrement le travail en chauffant, à la vapeur ou autrement, l'enclume ou le bloc sur lequel reposent les cuirs.

Procédés divers pour le tannage des peaux. Les procédés qui viennent d'être exposés et qui permettent d'obtenir une excellente fabrication, ont le défaut d'être lents et d'exiger une main-d'œuvre considérable. Nous allons passer en revue les principales modifications qui ont été tentées et qui ont eu peu de succès au point de vue de la durée du travail, la lenteur de l'action chimique paraissant une condition essentielle de la qualité du produit, de la modification complète de la peau que doit produire le tannage. Au contraire, c'est avec succès qu'on a fait appel aux machines, malgré la différence existant entre chaque peau, ce qui en rend l'application difficile et limitée bien souvent à aider au travail manuel pour le foulage, le battage, la refente des peaux, etc. Nous passerons en revue les principaux procédés qui ont été essayés, en nous aidant du travail de M. Perrault sur la tannerie.

On doit d'abord citer les travaux de M. Séguin, qui, en 1794, fit usage de l'acide sulfurique mélangé en faible proportion à des jus de tannée, pour obtenir l'ébourrage et le gonflement des cuirs. Il obtenait le tannage dans des cuves de force graduée. En quinze jours le tannin pénètre, disait-on, jusqu'au centre des cuirs les plus forts, se combine avec la matière animale, et lui donne le caractère d'imputrescibilité et de solidité qui rend la peau propre à la fabrication des chaussures.

Ce procédé fut proclamé, dans le style ampoulé de l'époque, une immense découverte. Fourcroy, dans un rapport à la Convention, disait : La théorie du tannage est aujourd'hui tellement éclaircie, les procédés de Séguin sont d'une telle simplicité, qu'on s'étonnerait, au premier abord, qu'ils aient été tant de temps méconnus, si l'on ne savait que les choses les plus simples sont les dernières auxquelles les travaux des hommes arrivent dans tous les genres. Cette simplicité est telle que chaque citoyen pourrait faire chez lui, plus facilement même qu'il ne fait la lessive, les cuirs nécessaires à la fabrication de ses souliers. . . . .

Enrichi par les récompenses de la Convention, par des fournitures considérables aux armées, Séguin ne put empêcher, malgré l'appui des savants, que l'usage ne vînt démontrer la mauvaise qualité de ses cuirs, et il fallut reconnaître qu'il était impossible d'arriver, autrement que par une action lente, à la production de cuirs compacts, solides et séchant facilement après avoir été soumis à l'humidité.

L'emploi de la chaux dans le pelanage a l'inconvénient d'en laisser dans la peau, à l'état de combinaison insoluble, une certaine quantité qui ralentit considérablement l'absorption du tannin. M. Boudet a proposé de lui substituer la soude caustique : avec cet alcali, le pelanage ne dure que de deux à trois jours, les peaux se dégorgent plus facilement sur le chevalet, et le tannage s'opère dans moitié moins de temps. 2 kilogr. de carbonate de soude dissous dans 50 litres d'eau et rendus caustique par l'addition de $1^k,50$ de chaux éteinte en poudre, suffisent pour le pelanage de 100 kilogr. de peaux fraîches. On a aussi essayé le sulfure de calcium qui agit encore plus rapidement que la soude caustique, et qui facilite beaucoup le tannage; les tanneurs accusent ce dernier procédé de donner des cuirs trop gonflés d'eau.

En Angleterre, on a repris de plusieurs manières le procédé à la danoise, consistant à plonger les peaux, après le gonflement, dans une légère dissolution de tan, où elles reçoivent un commencement de tannage; on prend alors deux peaux, autant que possible de la même grandeur et de la même forme, que l'on place grain contre grain, puis on coud exactement et tout autour les bords qui se correspondent avec du gros fil ciré de cordonnier; on suspend alors ce sac; puis, à l'aide d'un entonnoir passé dans une ouverture réservée à la partie supérieure du sac, on remplit le sac avec une solution de tan froide; bientôt la liqueur exsude peu à peu à travers le sac; on la reçoit dans un vase placé au-dessous et on la reverse dans le sac. Lorsque les peaux deviennent dures et fermes, quoique toutes leurs parties soient également humides, on élève la température de l'atelier de tannage de 20^0 jusqu'à 60^0, en maintenant cette dernière chaleur jusqu'à ce que les peaux soient devenues complétement dures et fermes sur tous les points; on vide alors le sac, en coupant au fond quelques points de couture, et, après avoir coupé les bords, on termine les peaux à la manière ordinaire; par ce procédé, disent ses partisans, le tannage ne dure que dix à quinze jours.

MM. Knowlis et Cie accélèrent l'absorption du tannin, en suspendant les peaux dans un vase fermé hermétiquement, dans lequel on introduit une dissolution de tan, après y avoir fait le vide.

M. Vauquelin a donné un procédé complet de tannage et de corroyage, duquel il est resté dans la pratique quelques appareils importants. Il diminuait beaucoup le temps du tannage, en opérant mécaniquement l'écharnage, en tannant presque complétement a la flotte et seulement à la fin, pendant une dizaine de jours, dans des fosses, en débourrant par l'exposition pendant 12 heures, dans des étuves, à l'action directe de la vapeur vésiculaire à 30^0, et en soumettant fréquemment les cuirs à l'action de pilons dans une espèce de moulin à foulon.

On a souvent essayé d'accélérer le tannage par une action méthodique de la matière tannante, fondée sur la méthode de déplacement, et plusieurs fabriques emploient actuellement des procédés basés sur ce principe,

TANNAGE.

C'est ainsi que M. Sterlingue a tenté avec quelques succès d'appliquer la méthode de déplacement aux fosses, c'est-à-dire d'envoyer des jus forts aux fosses les plus anciennes, pour envoyer le jus déplacé aux plus nouvelles.

Nous donnerons quelques détails sur une tentative due à des praticiens expérimentés, conçue dans un ordre d'idée qui nous semble logique.

« Pour enlever les jus épuisés, lit-on dans le brevet pris pour l'application de cette méthode, on se sert d'une pompe installée dans une cheminée en bois placée dans la fosse. En répétant l'opération un certain nombre de fois, et en graduant la force des nouveaux jus avec les précautions nécessaires, on arrive à réduire à quatre ou six mois la durée du tannage, mais dans la pratique, ce mode d'opérer présente des variations, des inégalités, que le raisonnement explique.

« En effet, pour abreuver une fosse nouvellement couchée avec du tan neuf, il fallait 80 tines d'eau; le tan en absorbe la plus grande partie.

« Lorsque l'on enlève le jus de la fosse, on n'en obtient d'abord que 8 à 10 tines; pour en avoir davantage, il faut laisser égoutter la fosse, ce qui a le grave inconvénient de laisser la fosse dans des conditions différentes : après l'enlèvement du jus, la fosse s'affaisse insensiblement; il s'opère un tassement que l'introduction de nouveaux jus ne peut pas changer, et, dès lors, la combinaison des corps est gênée, les cuirs sortent plus maigres et moins pesants, quoique tannés.

« En se bornant aux 8 à 10 tines de la première extraction, on ne peut les remplacer que par 10 à 12 tines de jus nouveau, dont on ne peut élever le degré que dans une certaine mesure, pour ne point saisir les cuirs aux surfaces; car alors ils ne tanneraient plus ou ne tanneraient que très-difficilement. Pour éviter l'un et l'autre de ces écueils, MM. Bérenger et Sterlingue ont essayé d'introduire des jus nouveaux d'un degré supérieur, en même temps qu'ils enlevaient celui de la fosse.

« Un train de fosses à jus, qui se compose ordinairement de cinq à six fosses, dans lesquelles on établit des cheminées et des pompes pour faire passer à bras d'homme le jus d'une fosse dans l'autre, a été soumis à des expériences dont le détail suit :

« Ces six fosses ont été mises en communication par la partie supérieure de la cheminée, à 15 centimètres en contre-bas, par un tuyau fixe, d'une fosse à l'autre; alors il a suffi d'ouvrir le robinet d'eau claire sur la fosse la plus faible, qui, étant remplie, a déversé son trop plein dans la fosse voisine, et successivement jusqu'à la fosse la plus forte; l'eau arrivant toujours par le haut, et ne s'échappant que par le tuyau percé, placé entre le double fond qu'on avait eu soin d'établir dans chaque fosse, ce tuyau étant en communication avec la cheminée, il s'en est suivi que les jus n'ont pu s'échapper d'une fosse dans l'autre qu'après avoir traversé toute la tannée. Par ce moyen, le lessivage s'est opéré seul et parfaitement; toute la main-d'œuvre du pompage d'une fosse à l'autre a été épargnée.

« Les jus de chaque fosse se trouvent ainsi naturellement gradués et à la disposition de la passerie; lorsque la fosse la plus faible se trouve épuisée de son tannin, qu'elle ne rend plus que de l'eau claire, il faut jeter la tannée, ce qui s'opère après avoir pompé la dernière eau; alors on bouche le tuyau de communication, on emplit la fosse de tannée nouvelle, et la fosse la plus vieille devient la plus jeune et ainsi de suite successivement. »

M. Squire a cherché à remplacer les cuves par un tonneau à claire-voie, mobile autour de son axe et divisé en compartiments. Ce tonneau étant immergé jusqu'à l'axe, les peaux placées dans les compartiments plongés sont soumises à l'action du jus, puis, par un mouvement de rotation, elles sortent du liquide et sont remplacées par les peaux qui étalent à l'air. Ce procédé a été repris par M. Knoderer de Strasbourg. Son tonneau est complétement fermé, et reçoit les cuirs et le tan; puis on fait tourner. On arrive ainsi à tanner assez promptement.

L'emploi des tonneaux dans la tannerie offre des avantages pour diverses façons, notamment pour fouler les peaux et les débarrasser bien complétement de la chaux après la sortie des plains, car celle-ci s'oppose à l'action du tan.

Corroyage des cuirs mous. Les cuirs arrivant du tannage sont ramollis par un trempage dans l'eau, puis assouplis en les foulant aux pieds; on les nettoie alors du côté de la chair, avec un couteau à tranchant émoussé, puis on les écharne ou draye du même côté, pour leur donner une moindre épaisseur, et par suite plus ou moins de souplesse, soit avec un couteau à tranchant dont le fil est rebattu à angle droit avec la lame, soit avec un couteau annulaire légèrement courbé, le vide central servant à passer la main.

La drayoire, ou couteau à revers, donnée plus haut en C, surtout employée pour ce travail, a ordinairement 27 à 30 centimètres de longueur, sur 14 à 16 de largeur. L'un des tranchants de la lame est rabattu, ce qui constitue le revers. L'instrument est muni de deux manches, dont l'un se trouve dans le sens de la lame, tandis que l'autre lui est perpendiculaire.

Avec la drayoire on enlève, s'il y a lieu, les parties saillantes du cuir, et une pellicule sur toute la superficie, seul moyen d'obtenir l'égalité parfaite. Les cuirs sciés sont aussi terminés avec le couteau à revers, opération qui remplace le travail fatigant du ponçage à la pierre, autrefois usité.

Lorsque les peaux ont été nettoyées et drayées, on les tire à la paumelle (fig. 4); celle-ci est une pièce de

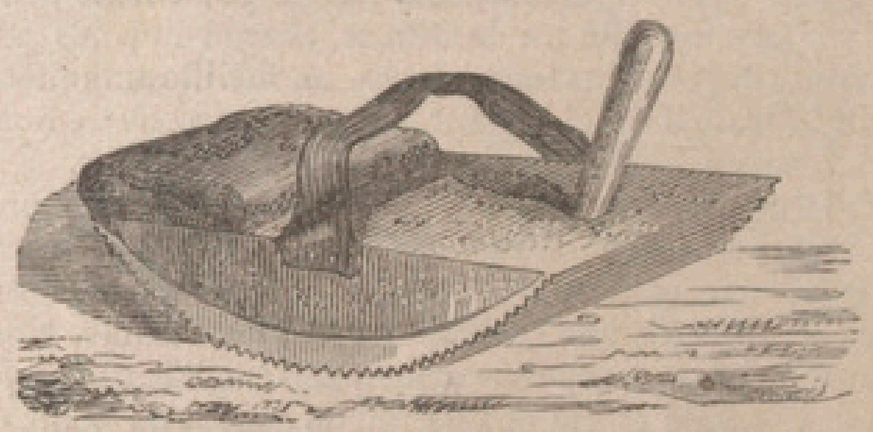


Fig. 4.

bois de $0^m,30$ de long sur $0^m,11$ de large, plate et unie en dessus, et bombée en dessous dans le sens de la longueur, de manière à ce que la plus grande épaisseur se trouve au milieu: la partie bombée est silonnée de cannelures transversales peu profondes, plus ou moins fines; sur la partie plate se trouve une anse en cuir dans laquelle passe la main d'un ouvrier robuste qui vient saisir la poignée. On opère comme suit : on plie un quartier de la peau, fleur contre fleur, on avance la paumelle et on la retire fortement, en ramenant par soubresauts le quartier de la peau qui frotte sur le milieu; on agit de même sur les trois autres quartiers; en répétant l'opération sur la fleur, on abat le grain que l'on vient de former et on rend la peau plus lisse et plus douce; on termine quelquefois, dans ce dernier but, avec des paumelles plates en liége. On rend enfin les cuirs aussi uniformes que possible en les étirant fortement sur une plaque en cuivre ou en fer, suivant que l'on craint ou non de colorer la peau. C'est ce qui s'appelle la mise au vent. Les cuirs corroyés qui sont livrés au commerce après avoir seulement subi les préparations que nous venons de décrire, sont connus sous le nom de *cuirs étirés*.

Les *cuirs en suif*, employés surtout par les selliers et

les bourreliers, se préparent en flambant légèrement à un feu clair les cuirs étirés, les étendant sur une table, et appliquant sur les deux faces et en plus grande quantité du côté de la chair, du suif dur fondu, au moyen d'un pinceau en laine; on laisse le cuir s'imbiber 8 à 10 heures, on le foule, on passe la paumelle du côté de la chair, on tend la peau sur une table, la fleur en dessus, on l'unit avec l'étire, on essuie avec les débris du drayage pour enlever l'excès de suif, puis on noircit immédiatement en posant successivement trois couches de noir, au moyen d'un torchon de laine ou d'une brosse de crin. La liqueur tinctoriale qui altère le moins le cuir s'obtient en faisant digérer de la vieille ferraille dans du vin ou de la bière aigres; le sel soluble de fer obtenu réagit sur le tannin du cuir et produit du tannate de fer insoluble d'un beau noir. Après la mise en couleur, on passe une couche de bière aigrie, on donne le grain avec la paumelle, on dégraisse la fleur en frottant avec un morceau de laine, on fait reparaître le grain avec une paumelle fine, et on lustre la peau avec une décoction d'épine-vinette.

Les *cuirs en huile* se préparent comme les cuirs en suif, à cette différence près, qu'on remplace le suif par de l'huile de poisson ou mieux par le dégras des chamoiseurs, qui est un mélange d'huile de poisson, et de la potasse, qu'on emploie pour dégraisser les peaux qui se passent en chamois.

Quand on veut conserver aux cuirs en suif et en huile leur couleur naturelle, on supprime la teinture en noir et on donne le lustre avec une infusion de graine d'Avignon et de safran dans de la bière.

Machines de la corroierie. — Marguerite mécanique. La marguerite, grande paumelle en bois, dont la longueur est de 40 à 50 centimètres, est le principal outil du corroyeur pour travailler le cuir, lui donner le grain, etc. Pour soulager l'ouvrier d'un travail très-pénible et le mettre à même de mieux utiliser son habilité et son intelligence, on a construit la marguerite mécanique que représente la figure 5. Le cuir plié

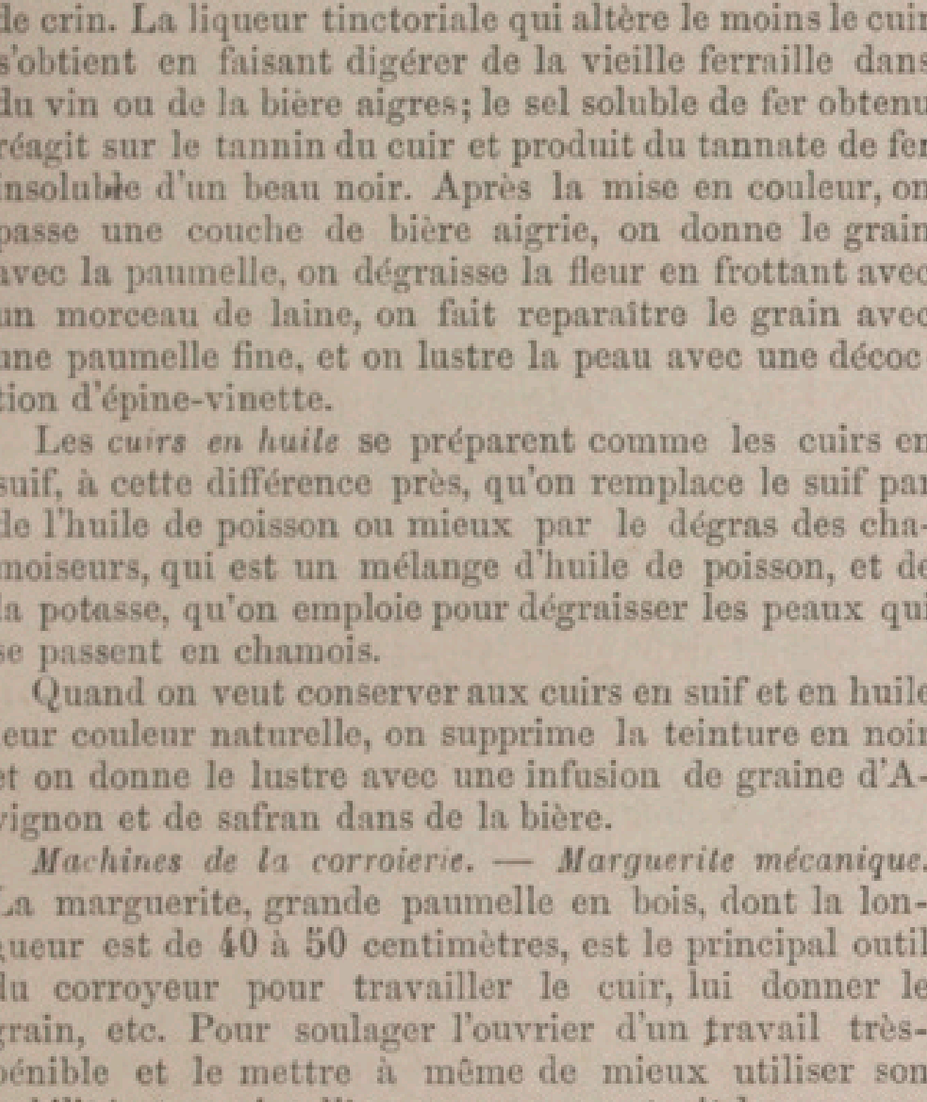


Fig. 5.

est placé sur une table mobile C. La marguerite A en forme d'arc de cercle, appuie sur le cuir à l'endroit du pli, et grâce au mouvement de va-et-vient dont elle est animée par le levier B, qu'actionne la roue R, qui reçoit le mouvement du moteur de l'usine par une courroie s'enroulant sur la poulie P, elle opère comme l'outil à main pour frotter et rouler le cuir sur lui-même. L'ouvrier déplaçant la table mobile, lors de la fin du mouvement d'élévation de la marguerite, vient soumettre successivement à son action tous les points de la surface du cuir à travailler.

Machine à battre les cuirs. On a longtemps battu à bras ou comprimé avec de forts rouleaux les cuirs forts pour en augmenter la compacité et leur donner un aspect uni recherché des acheteurs. Cette opération est bien mieux exécutée par des machines à battre; la figure 6

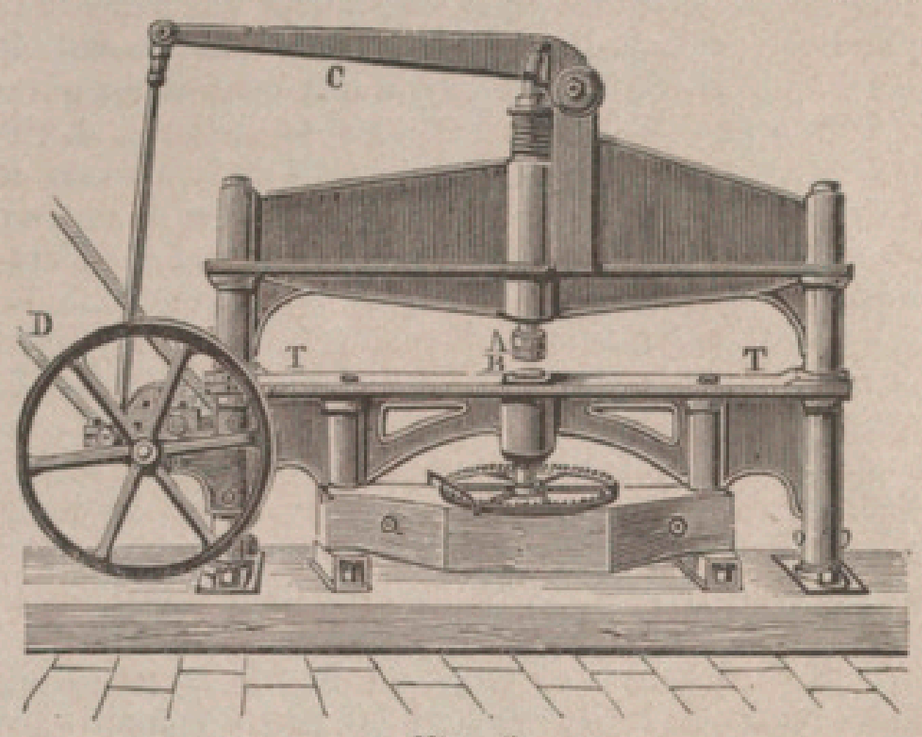


Fig. 6.

représente la plus répandue. Elle est formée d'un fouloir vertical mobile, garni à son extrémité inférieure d'un disque en bronze A; d'un fouloir immobile inférieur, garni également d'un disque en bronze B; d'un levier C, qui met le premier fouloir en mouvement. Le tout est monté sur un solide bâti en fonte. Le cuir à travailler repose sur une longue table horizontale en bois TT, assez étroite pour que l'ouvrier puisse s'approcher du milieu. Le cuir est déplacé par l'ouvrier de manière que tous ses points soient successivement soumis à l'action des deux disques, dont le diamètre est de 40 centimètres, et qui exercent une pression de 6,000 kilogrammes environ. La figure montre comment la machine motrice fait tourner l'axe, muni d'un volant, sur lequel est calée la manivelle, qui actionne par une bielle le levier qui presse sur la tête de la tige du marteau. Il donne en général 180 à 200 coups par minute.

On construit quelquefois cette machine avec un seul montant, le marteau et l'enclume étant sur le devant, pendant que le mécanisme moteur est placé en arrière. Cette disposition est plus commode que la précédente pour le battage des cuirs entiers de grande dimension, qui ne pourraient passer entre les montants de la machine précédente, sans lui donner des dimensions très-grandes.

Machine à écharner. Nous citerons encore ici la curieuse machine à écharner et à ébourrer de M. Ott, de Saint-Denis (fig. 7), qui est une machine multiple



Fig. 7.

dans son emploi; elle travaille spécialement la petite peau. Elle a été successivement employée à l'é-

TANNAGE.

bourrage et à l'écharnage des peaux de mouton destinées à être maroquinées; puis, à la mise au vent de ces mêmes peaux tannées, après leur passage dans le bain de sumac. Le simple changement du cylindre travailleur suffit pour obtenir ces diverses opérations. Une table mobile, dont on règle la hauteur par rapport au cylindre, entraîne la peau dans son mouvement de translation au-dessous du cylindre; celui-ci est garni de deux séries de lames, disposées en hélice à sa circonférence, mais partant de la moitié de la hauteur de ce cylindre pour venir aux extrémités. Par ce moyen, la peau est rejetée de chaque côté, et s'étend complétement : on évite ainsi les plis, et, par conséquent, les déchirures. La pression fait écouler l'eau et la chaux dont sont imprégnées les peaux soumises à l'action de ces machines. On remplace les cylindres garnis de couteaux d'acier, qui servent à l'ébourrage et à l'écharnage, par d'autres en ardoise pour les façons de chair, ou bien, lorsqu'on veut mettre au vent des cuirs tannés, par des cylindres en cuivre, garnis d'hélices doubles du même métal.

Cuirs de Russie. Les cuirs de Russie se préparent comme suit : on traite d'abord les peaux comme dans le tannage ordinaire, puis après que l'on a écharné et donné les façons sur le chevalet, on les fait macérer 48 heures, dans un bain que l'on prépare en prenant 1 kil. de farine de seigle pour dix peaux, la faisant fermenter avec du levain, et délayant dans une quantité d'eau suffisante; on transvase les peaux dans des cuves pleines d'eau où on les laisse dégorger, puis on les lave à la rivière; on les plonge et les travaille ensuite deux fois par jour, pendant quinze jours, dans une décoction d'écorce de saule; enfin, on les imprègne du côté de la chair avec l'huile empyreumatique provenant de la distillation de l'écorce de bouleau. Le cuir ainsi obtenu est coloré en rouge et très-recherché, parce qu'il n'est pas sujet à se moisir à l'humidité et qu'il n'est jamais attaqué par les insectes qu'il éloigne même de son voisinage par sa forte odeur.

CUIRS VERNIS. (Voyez ce mot.)

Cuirs hongroyés. Les cuirs hongroyés, ou cuirs de Hongrie, diffèrent des cuirs tannés, en ce que l'on remplace le tan par du chlorure d'aluminium, obtenu par double décomposition au moyen de l'alun et du sel marin, et par du suif dont on imbibe le cuir. On remplace presque toujours l'épilage à la chaux par un rasage soigné. Après l'écharnage, on plonge les peaux et on les piétine dans une dissolution chaude de 2 1/2 à 3 kil. d'alun, et de 1 1/2 à 2 kil. de sel marin; on les passe et les piétine ensuite dans de l'eau chaude, puis on recommence une seconde fois la même série d'opérations ; on les laisse ensuite tremper huit jours dans de l'eau alunée, on les fait sécher, soit à l'air, soit dans une étuve, et lorsqu'ils sont suffisamment secs on les piétine de nouveau, puis on les blanchit par l'exposition au soleil. On les passe enfin en suif avec de la graisse fondue et à une température assez élevée. Les cuirs ainsi fabriqués ont beaucoup de force et de souplesse; ils sont particulièrement recherchés par les bourreliers-selliers.

Mégisserie. Nous avons consacré ailleurs un article assez complet à cette industrie, nous y renverrons le lecteur. (Voyez MÉGISSERIE, *Complément.*)

Chamoiserie. Le chamoiseur emploie les mêmes peaux que le mégissier, et les premières opérations sont les mêmes, c'est-à-dire l'épilage à l'aide de l'orpin, et l'immersion prolongée des peaux dans un bain de son, après l'écharnage et le travail de rivière. A partir de ce point le travail diffère, on n'emploie pas d'alun, et, au sortir du bain de son, on imprègne la peau d'huile de poisson, par des foulages répétés.

On passe ensuite la peau dans une étuve légèrement chauffée, pour faciliter l'absorption de l'huile; on leur donne la façon sur le chevalet ; on les dégraisse en les faisant tremper pendant une heure dans une lessive tiède de potasse, marquant 2 degrés à l'aréomètre; on les retire et on les tend; enfin, on termine en les étirant au palisson.

Maroquin. Le maroquin se fait avec des peaux de chèvre, et souvent aussi de mouton. On fait revenir les peaux sèches pendant deux à quatre jours dans de l'eau d'une opération précédente; on les écharne; on opère l'épilage à la chaux et on fait dégorger avec le plus grand soin, soit dans une roue à laver, soit en les faisant digérer vingt-quatre heures dans un bain de son aigri.

Les peaux destinées à être teintes en rouge sont alors cousues deux par deux, la chair en dedans, de manière à former un sac, puis passées dans un bain de chlorure d'étain, et ensuite dans un bain de cochenille. Après les avoir rincées on les tanne, en décousant une partie du sac pour y introduire la quantité de sumac nécessaire au tannage, gonflant le sac en y insuflant de l'air, liant vivement l'orifice avec une ficelle, puis les agitant sans cesse en tous sens, pendant quatre heures, dans une faible dissolution de sumac; après les avoir relevées deux fois en vingt-quatre heures, le tannage est terminé. Les peaux qui doivent recevoir une couleur autre que le rouge, sont immédiatement tannées à la flotte, au sumac, après le dégorgeage; on les nettoie ensuite, on les sèche et on les met en magasin. Avant de les teindre, on les fait revenir en les plongeant dans de l'eau à 30°, puis les soumettant à un foulonnage énergique; on les nettoie ensuite et on les plie en deux, chair contre chair, en faisant adhérer autant que possible les deux parties, au moyen d'un couteau rond émoussé. Le noir se donne à la brosse avec une dissolution de fer dans de la bière aigrie; le bleu se teint à froid dans la cuve à indigo; le jaune, et toutes les nuances, dans une dissolution d'épine-vinette ; les violets et les pensées, en donnant une ou deux couches de bleu, puis passant dans un bain de cochenille plus ou moins chargé. On comprime ensuite fortement les peaux de même couleur, en les empilant sur le plateau d'une presse hydraulique, pour chasser l'excès d'eau et la couleur non fixée, ou, plus simplement, on les passe une à une sur la table d'un laminoir.

Le rouge d'aniline a permis de simplifier beaucoup la teinture des peaux en rouge. Il n'exige aucun mordant et teint les peaux sans aucune préparation spéciale.

Quelle que soit sa couleur, on termine le maroquin, avant qu'il ne soit complétement desséché, en l'amincissant avec un couteau droit à fil relevé, puis on le met dans l'huile pour lui rendre sa souplesse, enfin on le lustre avec des cylindres lamineurs en cristal de roche. On lui donne le grain à l'aide de la paumelle; on obtient un grain en losange, en passant dans deux sens un cylindre en bois dur (buis ou poirier), taillé à sa surface en vis très-fine.

Chagrin. Nous donnerons ici la fabrication orientale, remplacée dans nos pays par l'exécution d'un grain rendu saillant par un travail à la paumelle ou par la pression d'une planche ou d'un cylindre gravé. Après avoir tanné la peau au tan ou à l'alun, les Orientaux la fixent dans un châssis, puis, pour former le grain, ils répandent, du côté de la chair, des graines de moutarde, et l'exposent au soleil. Ils font aussi pénétrer la graine dans le cuir en le foulant aux pieds, ou en le soumettant à l'action d'une presse. Lorsque la peau est sèche, on fait tomber les graines qui ont fait naître des aspérités qui persistent sur le cuir.

Les gainiers emploient une espèce de chagrin, dit *galuchat*, qui provient de la peau du poisson de mer nommé roussette, chien de mer et sagri, qui ressemble au requin. Cette peau est recouverte d'aspérités ou grains ronds; elle est très-rude et donne un cuir extrêmement solide.

Parchemin. L'industrie du parchemin, si florissante au

moyen âge, restée fort importante jusqu'à la Révolution, alors que tous les actes publics s'écrivaient sur parchemin, est aujourd'hui fort réduite.

Les peaux qu'emploie le parcheminier sont généralement celles de mouton, le vélin est obtenu avec des peaux de très-jeunes veaux. Il reçoit, en général, ces peaux du mégissier après le débourrage et le passage à la chaux, son travail consistant surtout à les râcler, les polir et les sécher.

A cet effet, il faut tendre les peaux sur la herse, cadre de bois de 1m,60 de long sur 1m,30 de large, dont les côtés portent de grosses chevilles. Delalande, dans son *Art du Parcheminier*, décrit ainsi la manière de tendre la peau sur la herse.

On passe des chevilles ou brochettes dans la peau en y faisant quatre trous à chaque endroit où l'on met une brochette; une ficelle qui embrasse les brochettes par dessous va s'enrouler sur une cheville que l'on tourne pour tendre la peau sur la herse. On passe dix-huit ou vingt brochettes, quelquefois davantage, dans les bords d'une peau. Celle de la tête doit être plus longue que les autres et passer dans sept ou huit trous, parce que cette partie de la peau, qui est la plus forte, a besoin d'une plus forte tension; cette brochette est prise à ses deux extrémités et tient à deux chevilles différentes.

L'écharnage se fait avec un couteau demi-rond, coupant d'un bord, que l'ouvrier tient par ses deux poignées et qu'il promène de haut en bas sur la surface de la peau tendue. Il enlève ainsi des charnures, minces pellicules, souvent très-longues, du côté de la chair. L'autre face est râclée avec l'outil retourné, ne coupant plus, pour extraire l'eau de chaux.

On saupoudre alors les deux côtés de poussière de chaux éteinte et on fait sécher à l'ombre.

Les parchemins pour l'écriture, pour faire disparaître toute inégalité, sont repassés à une seconde façon, dite *raturage*, qui s'effectue avec le fer à raturer sur le parchemin libre, et poncés ensuite à la pierre ponce, surtout du côté de la fleur, qui est le plus rude.

Fourrures. Pour conserver les fourrures, c'est-à-dire les peaux recouvertes de leurs poils, celles-ci sont soumises aux opérations de la chamoiserie.

TAPIOKA. Voyez AMIDON.

TAPIS. Voyez TISSAGE.

TAPISSERIE. Voyez BRODERIE et TISSAGE.

TARARE. Voyez MOULIN.

TARAUD. C'est un outil à l'aide duquel on fait les écrous en bois ou en métal. Nous nous occuperons d'abord des tarauds qui sont destinés à opérer sur les métaux. Ils peuvent être faits avec la filière double, mais il est préférable de les faire au tour, ils sont plus réguliers et plus forts n'ayant pas été tourmentés par l'action de la filière qui relève toujours un peu le métal malgré les soins qu'on apporte dans sa construction. On appelle *mères* les tarauds faits au tour. Il y a des ateliers où tous les tarauds sont des *mères*, il en est d'autres où on ne fait que quelques mères qui servent à tarauder des coussinets au moyen desquels on reproduit d'autres tarauds.

Il est bon, avant de s'occuper de la construction des tarauds, d'étudier leurs formes et de se rendre bien compte de leur manière d'opérer. On peut les diviser en deux classes : les tarauds cylindriques et les tarauds coniques. Les tarauds d'une même classe peuvent différer les uns des autres par la manière dont on y pratique les *dégagements*, coupures longitudinales parallèles à l'axe du taraud, et qui sont destinées à donner issue aux copeaux et à créer sur les filets des angles qui attaquent la matière.

Tarauds cylindriques. La figure 2408 représente un taraud cylindrique: comme les tarauds, il se compose de trois parties : la tête, le collet et la vis.

La *tête a* est carrée ou plate suivant la confection de l'œil du *tourne-à-gauche*, double levier qui embrasse la tête du taraud et qu'on tourne avec les deux mains.

Le *collet b* est une partie tournée lisse qui sépare la tête de vis dont le diamètre doit être plus faible que celui du fond des filets de la vis.

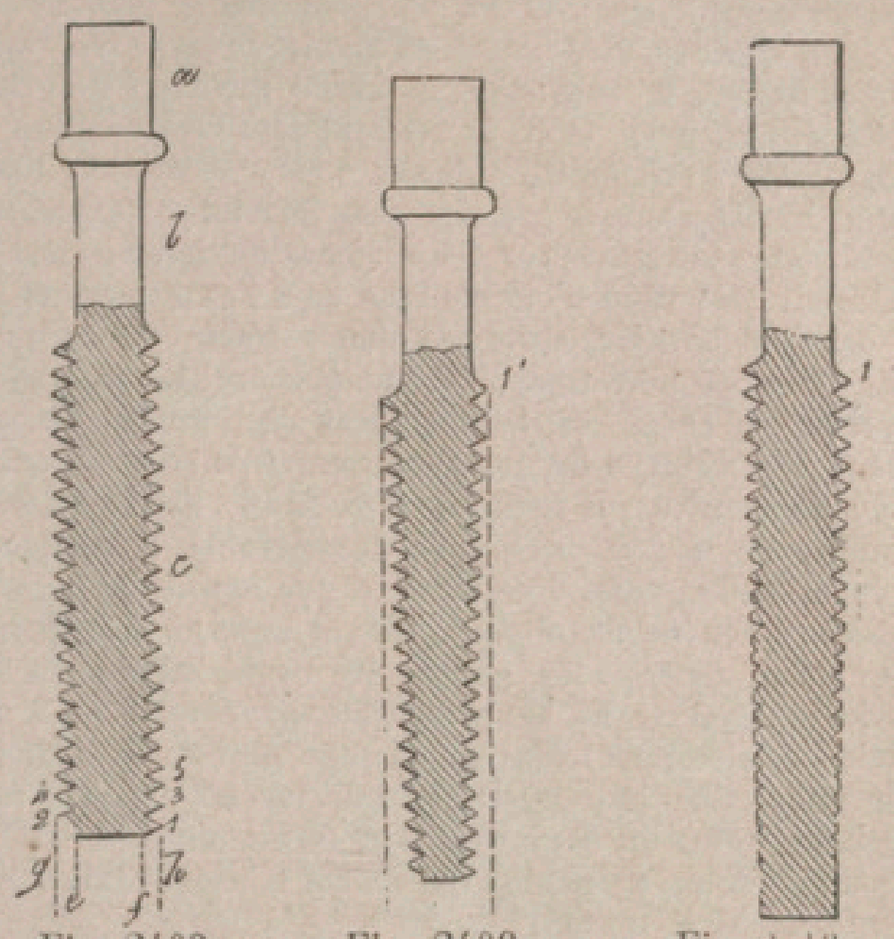


Fig. 2408. Fig. 2409. Fig. 2410.

La *vis c* est la partie opérante du taraud, celle à la confection de laquelle on doit apporter le plus de soins. Ce sont les variations de sa forme qui établissent une distinction entre les divers tarauds

La vis du taraud représentée dans la fig. 2408 est cylindrique, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des filets, il en resulte qu'il n'y a que la partie inférieure qui opère, et que les parties 2, 3, 4, viennent passer, sans l'agrandir, dans l'écuelle formée par la partie 1, ne servant alors qu'à guider le taraud.

Le taraud cylindrique n'est ordinairement employé que pour terminer les trous commencés avec les tarauds coniques représentés dans les fig. 2409 et 2410, dont le diamètre inférieur est égal à celui du trou que l'on veut tarauder. On ne peut se servir du taraud cylindrique, pour faire l'opération complète, qu'en rendant le trou conique à la partie supérieure ; mais ce procédé est mauvais parce que les vis qu'on doit introduire dans l'écrou peuvent y éprouver du ballottement. Quand on veut tarauder on emploie donc en premier lieu les tarauds coniques, on les enfonce complétement dans le trou jusqu'à ce que les filets aient pénétré dans le métal; on les retire et on introduit pour finir l'écrou, le taraud cylindrique dont le filet inférieur, étant de même grosseur et de même diamètre que les filets de la partie supérieure du taraud conique, pénètre facilement dans l'écuelle qu'ils ont formée, et à mesure qu'il s'enfonce l'approfondit également sur toute la longueur de l'écrou. Quelquefois on n'emploie qu'un seul taraud, conique à la partie inférieure et cylindrique vers la partie supérieure, sur une longueur au moins égale à l'épaisseur de l'écrou; la partie conique commence le filet et la partie cylindrique l'achève complétement.

Nous devons dire un mot au moyen du taraudage à l'aide d'une série de tarauds cylindriques; ces tarauds ont tous le même pas, mais des diamètres différents; le premier qu'on introduit est le plus faible en diamètre, il ne fait que commencer l'écrou; le second qui est un peu plus gros l'approfondit; on en emploie successivement un troisième ou quatrième d'un diamètre de plus en plus fort, jusqu'à ce que les filets soient totalement imprimés. Ce procédé exige l'emploi d'un nombre considérable de tarauds, aussi n'est-il employé que dans les cas fort rares où les trous sont très-profonds. Le premier filet attaquant seul

la matière, la résistance est indépendante de la profondeur du trou ; tandis que, comme nous le verrons plus tard, les tarauds coniques sont d'autant plus difficiles à conduire que le trou à tarauder est plus profond.

Tarauds coniques. Il y a deux moyens de rendre les tarauds coniques : 1° en tournant dès le principe la partie qui doit être filetée en forme de cone tronquée (fig. 2409) ; 2° en filetant le taraud comme s'il devait être cylindrique et en le rendant plus tard conique à sa partie extérieure, soit au tour, soit à la lime (fig. 2410). Dans le premier cas, le fond et l'extérieur des filets sont situés sur des surfaces coniques ; dans le second, le taraud n'est conique qu'à l'extérieur, et le fond des filets est situé sur une surface cylindrique. Les figures font très bien comprendre la différence qui existe entre ces deux espèces de tarauds. Le taraud (fig. 2409) a ses dents inférieures pointues et mord plus facilement que le taraud (fig. 2410), dont les dents inférieures ne sont pas aiguës, et enlève dès l'abord une plus grande quantité de matière que le second. On remédie à cet inconvénient en limant avec un tiers-point les crêtes de trois ou quatre des dents inférieures de celui-ci, qui prend alors très bien, surtout si on a eu soin de laisser en avant du filetage un bout non fileté de même diamètre que le plein du taraud. Ce bout reçoit la forme du dégagement et forme une espèce d'équarrissoir qui prépare parfaitement le trou et fait mordre de suite le taraud.

Le diamètre inférieur des tarauds coniques est égal à la grosseur du trou à tarauder, le diamètre supérieur à la profondeur des filets de l'écrou. La saillie d'un filet sur le filet inférieur suivant est par conséquent d'autant plus faible qu'il y a un plus grand nombre de filets dans le taraud. Cette saillie représentant la somme des épaisseurs des copeaux enlevés par tous les dégagements d'un même filet, il en résulte que plus le taraud sera long, plus il sera facile à tourner puisque chaque filet enlèvera moins de matière.

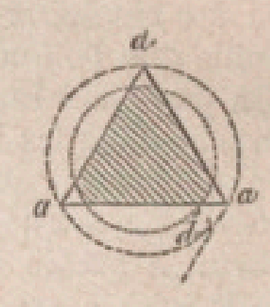
La résistance sera d'autant moindre que la profondeur du trou sera plus petite, parce qu'il y aura une moindre quantité de filets qui travailleront. Si donc on a à tarauder des trous profonds, il faudra faire le taraud très long afin que chaque filet prenne moins de matière ; si le trou est peu profond on fera le taraud moins long, parce qu'à mesure qu'on tournera il se dégagera à la partie inférieure une portion de filet égale à celle qui s'engage à la partie supérieure, et le nombre des filets qui attaquent la matière restant constant on enlèvera par tour la même épaisseur de copeau.

Le mode d'action du taraud conique a la plus grande analogie avec celui de la filière conique simple (voir FILIÈRES), et les considérations que nous avons présentées à son sujet sur la forme la plus convenable à donner aux dégagements sont applicables ici dans toute leur généralité. La partie opérante des filets d'un taraud doit avoir peu d'étendue dans le sens de la circonférence, parce que tout le travail qui a lieu dans l'intérieur des filets est du travail de refoulement ; les dégagements doivent être aussi grands que possible ; s'ils n'existaient pas, la matière ne serait plus coupée, mais totalement refoulée ; le taraud serait très dur à conduire et le sommet des filets de l'écrou n'offrirait aucune résistance.

Le taraud diffère de la filière simple avec laquelle il présente tant d'analogies par la propriété précieuse d'être aiguisable, soit à la meule circulaire, soit à la pierre à l'huile, ce qui peut rendre son usage très prolongé. Dès que les angles sont émoussés ils ne coupent plus, ils refoulent la matière ; il faut alors les affûter promptement si l'on ne veut pas faire avec lenteur et difficulté un mauvais travail.

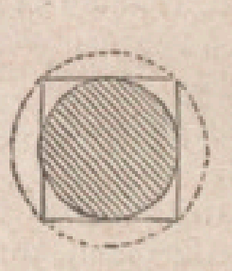
Il nous reste, pour finir ce que nous avions à dire sur la forme des tarauds, à parler des dégagements qu'on pratique sur toute leur longueur pour livrer passage à l'huile et aux copeaux.

Dans les tarauds cylindriques, le dégagement ne sert qu'au passage de l'huile ; le filet inférieur travaillant seul, chasse devant lui le copeau, et les filets suivants ne rencontrent plus de matière à enlever. Il n'en est pas de même pour les tarauds coniques qui coupent sur toute la longueur du tour ; leurs dégagements servent à la fois au passage de l'huile et à celui des copeaux. La forme des dégagements est assez variable, elle ne dépend souvent que du caprice des ouvriers qui ont chacun une méthode différente ; leur nombre est déterminé d'ordinaire par le rapport qui existe entre le diamètre du plein du taraud et la profondeur des filets. Quelques figures sont nécessaires pour bien faire comprendre cette théorie.

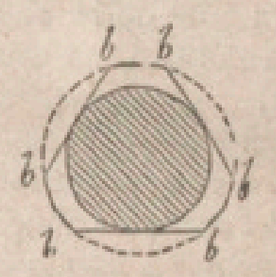


2411.

Soit le plus petit des arcs concentriques de la fig. 2411, le corps du taraud, et le plus grand celui du sommet des filets. Si on fait le dégagement suivant les lignes *a*, *a*, on affaiblira le corps du taraud ; si on les fait suivant les lignes *b*, *b* (fig. 2412), les filets ayant beaucoup d'étendue dans le sens de la circonférence, ils refouleront la matière (il est entendu ici que nous ne nous occupons que des tarauds coniques).

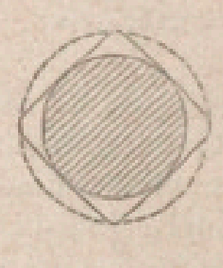


2413.

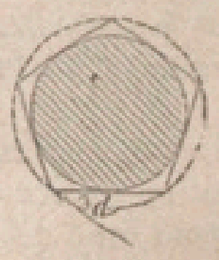


2412.

On peut encore faire quatre dégagements, comme dans la fig. 2413, de manière à obtenir quatre angles vifs ; mais ces angles s'useront, le taraud diminuera de diamètre extérieur et il sera mis plus rapidement hors d'usage. On doit faire les dégagements de manière à ce que la partie extérieure conservée du filet ait assez d'étendue pour que le diamètre du taraud soit conservé dans l'affûtage, et pas assez pour qu'elle refoule trop la matière ; la fig. 2414 donne un exemple de cette disposition. On ne doit pas croire que, pour que le taraud coupe vivement, il faut que ses angles soient pointus, c'est une erreur ; il suffit que les dégagements fassent avec la circonférence du taraud l'angle le plus grand possible, afin que le copeau enlevé se dégage facilement et ne fasse pas l'effet d'un coin en restant interposé entre la dent du taraud et la partie qu'elle attaque. Dans les tarauds à cinq et six pans (fig. 2415), cet effet a lieu d'une manière très marquée ; le copeau se dégage difficilement, il exerce une pression énergique contre la matière non encore enlevée, la refoule, et rend le taraud très dur à conduire. On recommande alors avec raison de tarauder en tournant dans un sens, et en détournant ensuite d'une moindre quantité, le copeau enlevé tombe quand on détourne, s'échappe par le dégagement, et ne produit plus autant l'effet de refou-



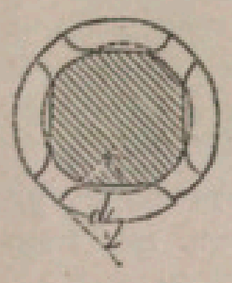
2414.



2415.

lement dont nous avons parlé; effet qui ne dépend absolument que de la forme des dégagements.

Les tarauds triangulaires sont ceux qui coupent le plus vivement, parce qu'ils offrent au copeau un dégagement facile; cette forme n'étant pas applicable aux tarauds dont le corps est très gros relativement aux filets. On emploie souvent de préférence à la forme à cinq pans, indiquée dans la fig. 2415, la forme de la fig. 2416; les dégagements ne sont plus plans, mais ont la forme d'une gorge rentrante pratiquée, sur toute la longueur du taraud. Les angles coupants ont environ 90 degrés et coupent plus vivement que ceux de tous les tarauds que nous avons décrits jusqu'ici. Cette manière de dégager les tarauds est employée dans plusieurs grands ateliers et produit de fort bons résultats, surtout pour la fabrication des gros écrous à la machine; son seul inconvénient est de rendre le taraud moins facilement aiguisable, car on ne peut raviver les angles que sur l'angle de la meule circulaire, ou avec la pierre à l'huile; mais ce léger défaut est compensé, et au delà, par le bon usage du taraud et par la perfection du résultat obtenu.

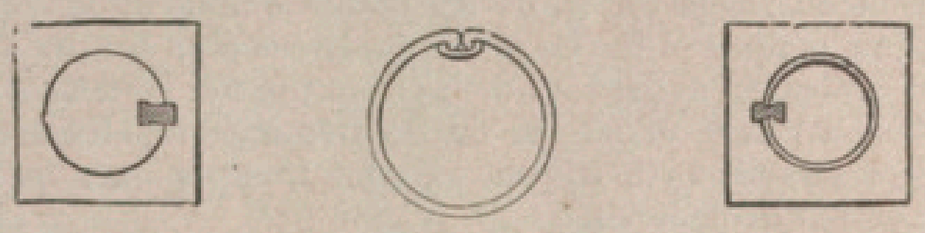


2416.

Le taraud est un outil très bien entendu, d'un usage facile, exigeant peu de réparations et remplissant son but quand il a été bien combiné, sans une grande dépense de force motrice, et sans exiger de la part de l'ouvrier qui le conduit beaucoup d'intelligence. Aussi, l'opération du taraudage à la main est-elle le plus souvent confiée à des hommes de peine. Beaucoup d'essais ont été faits non pour perfectionner le taraud, qui est un outil à peu près parfait, mais pour en changer le système.

On trouvera dans les *Bulletins de la Société d'encouragement* le détail d'un taraud qui peut à volonté faire un écrou à droite ou à gauche; il se compose d'un cylindre dans lequel est insérée une lame d'acier, dentée sur les deux longs côtés, et dont les dents seules dépassent le périmètre du cylindre. On introduit le bout du cylindre dans le trou à tarauder, et l'on fait prendre les premières dents qui sont très saillantes, comme dans le taraud conique, puis on tourne à droite ou à gauche en appuyant sur le tourne-à-gauche; une fois que le tracé est fait pour une ou deux dents l'inclinaison ne peut plus varier. Nous ne sachons pas que ce taraud soit appliqué quelque part; l'inclinaison des filets ne dépendant que de la pression qu'on exerce sur le taraud, il doit être difficile de faire entrer exactement une dent dans le filet tracé par la dent inférieure. Dans le taraud ordinaire on n'a besoin d'exercer aucune pression, il s'enfonce de lui-même dans la matière et trace à l'intérieur du trou des filets qui ont immédiatement l'inclinaison convenable.

On trouvera dans le trente-neuvième volume des *Bulletins de la Société d'encouragement* la description de plusieurs tarauds qui ont beaucoup d'analogie, quant au principe, avec les filières à trois et quatre coussinets; les parties coupantes ne font pas corps avec le taraud, mais sont rapportées dans des rainures pratiquées sur toute sa longueur, et peuvent s'écarter plus ou moins de l'axe au moyen de vis de pression, de manière à pouvoir tarauder des trous de dimensions assez différentes. Ces tarauds sont ingénieux, mais leur construction est compliquée et difficile; ils ne peuvent, en outre, être employés que pour de gros diamètres, aussi ne sont-ils pas répandus dans les ateliers de construction, où l'on n'a jamais à tarauder que des trous dont la grosseur est déterminée à l'avance, et pour lesquels on fait un certain nombre de tarauds de dimensions différentes. Cependant, ces tarauds à parties coupantes rapportées ont un avantage qu'il est bon de signaler : c'est celui d'avoir des angles plus vifs et plus facilement affûtables que ceux de tous les autres genres de tarauds; aussi les copeaux ont-ils un dégagement plus facile, et l'on obtient des écrous plus nets et dans lesquels la matière n'est nullement refoulée. Les fig. 2417, 2418 et 2419 peuvent donner une idée de ce genre de tarauds.



2417. 2418. 2419.

Construction des tarauds à métaux. On choisit ordinairement pour la fabrication des tarauds de l'acier fondu de première qualité, qu'on forge comme à l'ordinaire, et qu'on tourne ou qu'on lime pour lui donner la forme circulaire, cylindrique ou conique. Il est préférable de tourner les tarauds, ils sont beaucoup plus réguliers que lorsqu'ils ont été limés.

Nous avons dit qu'on faisait quelquefois les tarauds à la filière; on les filète alors comme s'il s'agissait d'un boulon ordinaire. Quand on veut les faire au tour on les place entre les deux pointes et on trace l'hélice au moyen d'un burin placé sur le support à chariot; on termine au peigne et on obtient des tarauds parfaitement réguliers. Quand on n'a pas de tour à chariot, on commence par tracer une hélice peu profonde sur le taraud au moyen de la filière double, puis on le place entre les deux pointes du tour et on forme le filet au moyen du peigne qui est guidé dans son mouvement d'avancement par l'hélice tracée au moyen de la filière. Ce procédé de fabrication est simple, mais on obtient des tarauds moins réguliers que ceux qui sont faits au tour à chariot. S'il reste sur le taraud des jarrets peu considérables, on les fait disparaître en le faisant tourner assez rapidement sur le tour à pointes et en approchant un peigne très coupant, qu'on laisse courir sans autre conducteur que le taraud lui-même, et sans trop prendre de matière; par ce moyen très simple le jarret disparaît aux dépens de la force des pleins.

L'angle des filets est ordinairement de 60 degrés, s'il était plus faible le filet serait trop maigre et il serait difficile d'arriver à la coïncidence parfaite entre les filets de la vis et ceux de l'écrou. En général, un taraud dans lequel les pleins sont égaux aux vides produit des écrous ou des filières à coussinets dans lesquels les écuelles sont plus grandes que les pleins; ces coussinets reproduisent des vis dans lesquelles les pleins sont à peu près égaux aux vides, et qui par conséquent entrent facilement dans les écrous.

Il est facile de comprendre la raison pour laquelle les vides de l'écrou sont plus grands que les pleins du taraud qui l'a formé; jamais un taraud n'est d'une régularité parfaite, il y a toujours des parties de filets un peu plus inclinées que les autres; et ces parties trop inclinées ne peuvent se loger dans l'écuelle de l'écrou, qu'en l'agrandissant aux dépens du plein du filet. C'est par un motif analogue qu'une filière reproduit une vis dont le plein est plus faible que son écuelle; la différence dépend aussi de la grosseur de la vis relativement à la grosseur de la mère qui a formé la filière. Ainsi nous avons vu (voir FILIÈRES DOUBLES) que lorsque le diamètre de la vis était plus fort que celui de la mère,

la filière lors même qu'elle serait parfaitement régulière, reproduirait des écuelles qui dépasseraient les pleins en grosseur d'une quantité d'autant plus forte que la différence des diamètres serait plus considérable.

Avant de tremper les mères on ajuste la tête dans l'œil du tourne-à-gauche et on pratique les dégagements à la lime ou à la machine à raboter; l'opération de la trempe ne présente pas beaucoup de particularités; les mères sont trempées dans toute leur force; pour les faire revenir on les prend avec des pinces rouges, et on les immerge quand la couleur jaune-paille apparaît; pour de gros tarauds on emploie une méthode différente, après les avoir plongés dans l'eau, quand ils sont au rouge-cerise, on les imbibe d'huile au moyen d'un tampon et on les place au-dessus d'un brasier de charbon, en ayant soin de les faire tourner lentement; quand l'huile prend feu on les immerge rapidement. Les tarauds cylindriques ne sont trempés durs qu'à l'extrémité de la vis.

Tout ce que nous venons de dire est applicable aux tarauds aussi bien qu'aux mères, mais, nous le répétons, il est préférable de n'employer que des mères, car les angles des tarauds qui d'ordinaire sont formés de métal relevé se fendillent souvent à la trempe.

Les très gros tarauds peuvent sans inconvénient être faits en fer pour être ensuite trempés en paquet; mais il faut avoir soin de les laisser longtemps au feu afin que la cémentation pénètre à 1 ou 2 millimètres au-dessous des écuelles; sans cette précaution les tarauds perdent de leur diamètre quand on les force dans des trous. Les tarauds moyens peuvent aussi être faits en fer, mais ils sont meilleurs en acier; les petits tarauds doivent être faits en acier.

Tarauds à bois. Leur forme et leur genre de fabrication varient suivant le diamètre des écrous qu'ils sont destinés à produire, ils sont ordinairement en fer; pour de petits écrous ils sont faits à la filière double et on leur donne de l'entrée en les faisant coniques; ils n'ont que cinq ou six filets et on leur fait par le bas un dégagement triangulaire; les deux ou trois derniers filets sont pleins, leur diamètre ne dépasse guère 1 centimètre; comme ils refoulent la matière plutôt que de la couper, ils feraient éclater le bois si on les employait pour de gros trous.

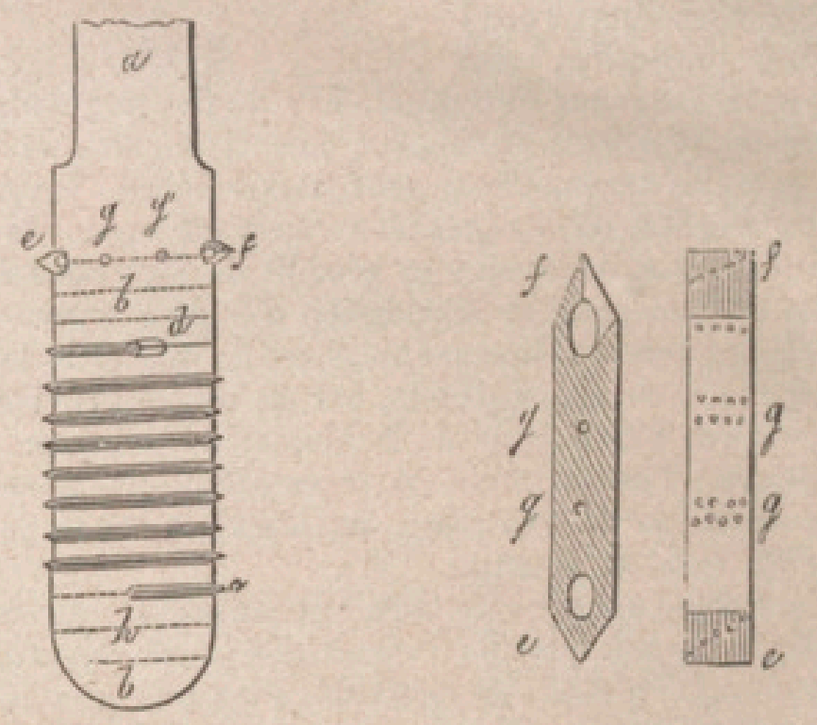
De 1 à 5 centimètres on fait souvent les tarauds en fonte; on filète sur le tour un modèle en bois auquel on donne une forme conique analogue à celle des tarauds à métal, avec cette différence que toute la conicité est reportée sur cinq ou six filets seulement. Les tarauds reviennent de la fonderie parfaitement conformes; il n'y a plus qu'à les mettre sur le tour dont le pointage est conservé, et à enlever la croûte d'oxyde; les filets sont un peu repassés au peigne à la volée. On y pratique ordinairement quatre dégagements, qui n'ont à eux quatre que le huitième de la circonférence. Ces tarauds sont assez doux à conduire; le bois refoulé dans l'intérieur des filets qui ont beaucoup d'étendue rentre dans les dégagements en vertu de son élasticité et est coupé par les angles des filets; il serait bon, par les raisons que nous avons indiquées à l'occasion des tarauds à métal, de donner moins d'étendue aux filets et davantage aux dégagements; on éviterait ainsi d'exercer sur les faces de l'écrou un effort qui tend à le faire éclater.

De 5 à 10 centimètres on fait les tarauds en fer, leurs coupes sont assez variées; les fig. 2420, 2421 et 2422 sont celles qui sont le plus généralement employées; le mode d'action de ces tarauds ne diffère en rien de celui des tarauds de diamètre inférieur.

Tous ces tarauds refoulent, râpent et écorchent le bois, tandis que la filière à bois coupe sans production sensible de chaleur, et produit des vis parfaitement nettes. Il existe des tarauds à bois qui, fondés sur

2420. 2421. 2422.

le même principe, produisent des résultats analogues; tel est celui que nous représentons dans les fig. 2423,



2423. 2424. 2425.

2424 et 2425. *a*, est le collet, *b*, le cylindre, corps du taraud; au-dessous des diamètres de 4 centim. ce taraud est en fer, pour les plus grandes dimensions on le fait en bois dur. On trace au tour sur le cylindre l'hélice *h* dont le pas doit être égal à celui des écrous que l'on veut obtenir. Si on opère sur du fer, on formera le filet *c* en dégageant l'entre-deux des filets avec une échoppe, et on avive le filet avec l'angle du burin; si on opère sur le bois on se contente d'indiquer l'hélice *h* par un trait dont on verra plus tard l'usage.

On fait en acier deux fers analogues à celui qui est représenté dans la fig. 2424, l'un d'eux est plus court que l'autre d'une quantité égale à une demi-hauteur de filet; il est marqué *d* sur la fig. 2423. Ces deux fers sont placés sur la ligne d'hélice de manière à dépasser le cylindre d'une certaine quantité. *g g*, sont des trous pratiqués dans les fers correspondant à d'autres trous pratiqués dans le cylindre, et dans lesquels on passe des goupilles qui en contiennent les fers en place.

Pour tarauder un trou du diamètre du cylindre on introduit le taraud dans ce trou, le filet *c* s'engage dans le bois et guide les fers dans leur mouvement d'hélice; le fer *d* attaque d'abord le bois par celui de ces bouts que l'on voit sur la figure; ce bout dépasse le cylindre d'une quantité égale au quart de la profondeur du filet, quand on a tourné d'un demi-tour l'autre extrémité du fer *d* qui dépasse le cylindre d'une demi-épaisseur de filet, agrandit l'écuelle formée par la première extrémité; quand on a tourné deux tours environ le second fer *e f* termine le filet par ses deux pointes *e* et *f*; la première *e* saille sur le cylindre *c* d'une quantité égale aux trois quarts de la profondeur du filet; la seconde *f* a exactement la forme de l'écuelle et la termine complétement, les copeaux passent au travers des trous que l'on voit pratiqués aux extrémités des fers et se dégagent facilement. La longueur du fer *d* est égale au diamètre du cylindre, plus aux trois quarts de la hauteur d'un filet; celle du fer *e f* à ce même

diamètre, plus au sept quarts de la hauteur du filet. Ces fers sont trempés à l'huile et revenus bleu-clair afin qu'il soit possible de les raiver avec un grattoir.

Quand le corps du taraud est en bois le filet taillant *c* se fait facilement au moyen de pointes de fer qu'on place de 5 en 5 millimètres sur la ligne d'hélice *h* et qu'on lime sur place à deux biseaux ; les premiers clous doivent être très rapprochés, se toucher presque, et avoir peu de saillie au-dessus du périmètre du cylindre; à mesure qu'on se rapproche du premier fer *d*, ils vont en augmentant de grosseur et de saillie pour que l'ouvrage de ce fer soit déjà préparé et qu'il soit moins sujet à s'engorger. L'espace entre les clous sert à loger la sciure de bois.

Ce taraud fonctionne très bien; il peut tarauder un trou à l'extrémité d'une planche de sapin sans la faire fendre. Il diffère par un principe de la filière à bois en ce que l'hélice qui détermine le mouvement descensionnel est située en avant des fers qui forment le filet. Dans la filière à bois, le cylindre à fileter est d'abord rencontré par le fer, puis s'engage dans un écrou qui le guide dans le mouvement d'hélice. On pourrait faire des tarauds sur ce principe au moyen d'une vis qui entrerait exactement dans l'écrou que l'on voudrait former et à la partie inférieure de laquelle on placerait des fers ou des clous placés en hélice destinés à former l'écrou ; comme dans la filière à bois le filet de la vis entrerait immédiatement dans l'écuelle creusée par le fer ou les clous, et le taraud serait guidé parfaitement dans son mouvement descensionnel. Des tarauds de ce genre ont été employés par quelques personnes, et ont produit, à ce qu'il paraît, de fort bons résultats. Néanmoins leur usage n'est pas généralement répandu. E. DUBIED.

TARIÈRE. Instrument à l'aide duquel on perce les trous d'un fort diamètre ; c'est un des outils les plus employés par les charpentiers. Il consiste essentiellement en une mèche de grande dimension mue par un levier transversal ou tourne-à-gauche. Les quatre grandes opérations du travail manuel sont, dit P. Desormeaux : diviser, dresser, percer, assembler. Entre elles le percement est celui qui exige le moins de dépense de force intellectuelle, le succès de l'opération est tout entier renfermé dans la perfection de l'outil ; c'est par suite au perfectionnement de celui-ci que l'on doit s'appliquer.

La série des tarières commence à la tarière à cheviller des charpentiers, c'est-à-dire dans de grandes dimensions à la mèche-cuiller, dont la cavité reçoit le copeau formé, qui n'étant pas poussé pour en sortir, s'y comprime, bourre et par suite force à interrompre souvent le travail pour nettoyer la tarière. C'est un inconvénient auquel on remédie avec les tarières en hélice qui sont de deux sortes.

Les premières ne portent contournée en hélice que la pointe extrême qui rappelle celle des vrilles. Comme la cannelure est verticale, le copeau s'y amasse aussi facilement que dans les anciennes tarières, et il faut la retirer fréquemment. Cet effet a lieu d'autant plus souvent que l'outil pénètre très-rapidement, appelé par la vis tire-fond qui le termine; il n'est presque pas besoin d'appuyer pour la faire entrer, le mouvement giratoire suffit.

L'idée de faire monter le copeau en lui faisant suivre une hélice est passée de la théorie dans les faits, et on trouve depuis longtemps dans le commerce des tarières fort bien exécutées marquées *Sorby*, qui remplissent fort bien cette fonction. Les fig. 1, 2 et 3 représentent une tarière de cette espèce ; le bout central *a* est limé en vis, en tire-fond, et attire sur le bois les deux couteaux *b*, *c*, qui mordent ensemble. Dès qu'ils ont levé les copeaux, il en monte un dans chacune des deux hélices concaves dont est formé le corps de la tarière. Elle est faite avec un morceau d'acier plat qu'on tord à chaud, jusqu'à ce que l'inclinaison de l'hélice ait 45° au moins; par le bas, du côté de la

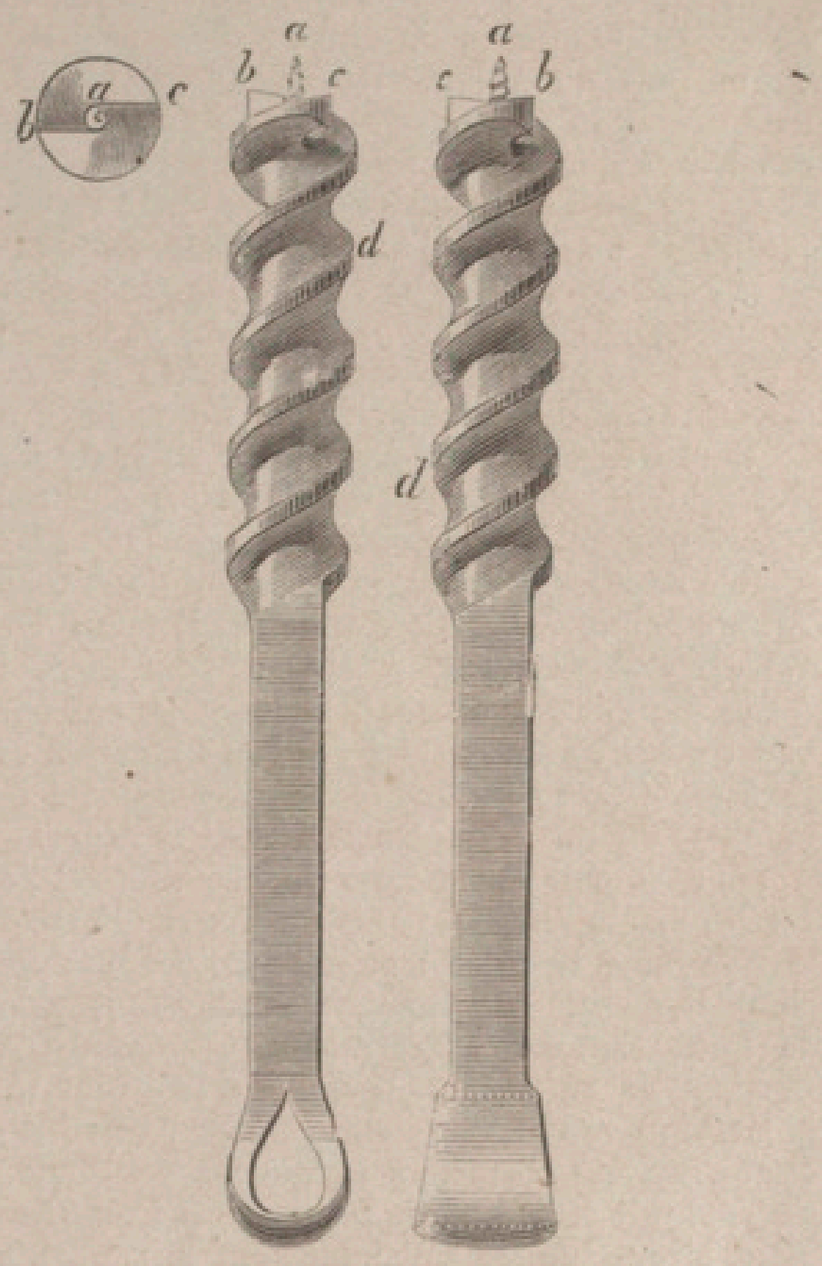


Fig. 1. Fig. 2.

vis d'appel *a*, on diminue cette inclinaison, qui serait trop grande pour que les couteaux pussent couper le bois, et on la ramène à 20 ou 25 degrés. Les couteaux sont rendus coupants au moyen d'un évidement pratiqué à la naissance de chaque filet.

TARTRATES. Sels formés par l'acide tartrique ; il n'y en a que deux qui aient quelque importance, ce sont :

1° Le *bi-tartrate de potasse* ou *crème de tartre*, que l'on obtient en purifiant par plusieurs cristallisations successives, et même en décolorant par le noir animal, le *tartre brut* ou *lie de vin ;* l'eau froide n'en dissout que 1 à 1/2 pour 100, tandis que l'eau bouillante en dissout 15 pour 100 ;

2° Le *tartrate double de potasse et d'antimoine* ou *émétique*, qui s'obtient en faisant bouillir une dissolution de bi-tartrate de potasse avec de l'oxyde ou un sous-sel d'antimoine; l'eau froide en dissout 7 p. 100, et l'eau bouillante 15 p. 100 de son poids.

TAS. Enclume carrée, généralement un peu bombée.

TEINTURE. On connaît sous le nom de teinture l'art de communiquer aux diverses matières textiles des colorations variées. M. Chevreul définit la teinture, l'*art d'imprégner, aussi profondément que possible, le ligneux, la soie, la laine et la peau, de matières colorées qui y restent fixées mécaniquement ou par affinité chimique, ou enfin à la fois par affinité et mécaniquement.* (Travaux de la commission française, t. V. *Tapisseries*, p. 51.) Nous aurons à traiter de cette partie très-importante de la science industrielle, dans ses rapports avec les divers tissus que l'homme a su, par de persévérants efforts, introduire dans les usages domestiques : le lin, le chanvre, le coton, parmi les matières textiles d'origine végétale; la soie, la laine, parmi les matières textiles d'origine animale. Nous ne devons mentionner ici que pour mémoire les matières textiles d'origine minérale, comme les verres filés, les asbestes, les amiantes, etc., matières qui, comme la soie, la laine, le coton, ont été transformées en tissus. La colo-

ration de ces substances n'est pas du domaine de la teinture.

La coloration des fibres textiles, par certaines matières colorantes déterminées, n'est pas le résultat d'une simple superposition mécanique. Nous démontrerons par la suite que si l'étoffe peinte ne peut être considérée d'une manière absolue comme un composé chimique parfaitement défini; elle doit l'être au moins comme le produit de l'affinité réciproque de l'étoffe et de la couleur. C'est là ce qui distingue la *teinture* de la *peinture*.

Mais pour que les couleurs puissent s'unir aux tissus et contracter une adhérence, sans laquelle il n'y a pas de teinture, il faut qu'elles soient présentées dans un très-grand état de division, tel que celui, par exemple, qui résulte de la dissolution du principe utile dans un liquide approprié. La porphyrisation de la matière colorante et sa suspension dans l'eau, même dans tout autre liquide, ne sauraient convenir pour autre chose que le cas des colorations artificielles obtenues par simple pénétration de la couleur dans les alvéoles des fibres textiles. Ce ne sera que le cas exceptionnel : il n'y a là, en effet, qu'un cas particulier de teinture.

Pour obtenir des teintes belles, solides, uniformes sur les fils et sur les tissus de coton, de chanvre, de lin, de laine et de soie, il faut que ces matières soient complétement, convenablement au moins, dépouillées de toutes substances étrangères, colorées, grasses, gommeuses ou résinoïdes qui s'y trouvent naturellement, ou que le tissage ou le filage y ont introduites, et qui feraient obstacle à la fixation des couleurs dont on voudrait les teindre. Les matières textiles doivent donc être soumises préalablement aux opérations du blanchiment.

L'art de la teinture embrasse ainsi pour le savant, comme pour l'industriel, des connaissances excessivement complexes. L'un et l'autre, en effet, doivent faire une étude approfondie des principaux caractères des matières textiles elles-mêmes, tant au point de vue des opérations du blanchiment, qu'à celui plus spécial de la teinture proprement dite. N'importe-t-il pas de savoir comment ces éléments se comportent, lorsqu'on les expose à l'action des divers réactifs pendant les opérations du dégraissage, de la décoloration et de la teinture, soit par voie d'immersion, soit par voie d'impression directe ou par l'intermédiaire des mordants ?

N'importe-t-il pas encore, pour l'un et l'autre, d'approfondir les propriétés des matières colorantes organiques ou minérales; ne faut-il pas savoir les préparer, les purifier, déterminer leur valeur commerciale et apprécier les fraudes auxquelles donnent lieu les transactions dont elles sont l'objet? Aujourd'hui la confection seule des extraits de bois de teinture constitue l'une des plus importantes industries dont le chimiste puisse désirer connaître les secrets.

Nous aurons à distinguer dans l'art de la teinture des principes que la science a posés, que l'industrie accepte et dont elle ne s'écarte pas; ces principes forment un corps de doctrine reconnue par les fabricants, que les notions scientifiques professées dans tous les centres industriels ont rendus familiers aux idées de progrès.

La teinture ne se pratique pas seulement sur les fibres en laine, ou flocons, ou fils ou tissus, pour l'obtention des colorations uniformes. Souvent elle doit conduire à la reproduction de couleurs dans lesquelles on fait intervenir les procédés de teinture proprement dite, et ceux de l'impression, lorsqu'on applique par les voies mécaniques, ou des réserves ou des enlevages. Nous aurons donc à considérer dans leur ensemble les diverses méthodes employées à l'impression des tissus. Ici nous aurons à faire apprécier les diverses phases du mordançage, des réserves, des enlevages, combinés avec les opérations du fixage des mordants, de l'avivage des couleurs et de leur fixation.

Nous terminerons cet article par un examen aussi complet que possible des moyens d'essai que fournit la science à l'industrie pour la guider dans la recherche des méthodes employées dans la fabrication ou dans la teinture.

J'ai pensé qu'il était convenable, pour faire comprendre l'importance des industries que nous allons étudier, de grouper des chiffres qui permettent d'apprécier d'une manière exacte les progrès qu'ont réalisés, depuis le commencement de ce siècle, les industries du coton, du lin, du chanvre, de la laine et de la soie; progrès auxquels assurément ne sont pas restés étrangers les perfectionnements apportés dans l'art de la teinture et de l'impression pendant la même période. A ces deux industries nous associons celles qui concernent le blanchiment et la confection des matières tinctoriales.

Bien qu'il ne rentre pas dans notre cadre de traiter *ex professo* des diverses phases par lesquelles passent les diverses matières textiles pour prendre la forme de fils ou de tissus, nous pensons devoir extraire des rapports officiels contenus dans les travaux de la Commission française près l'Exposition de Londres, en 1851, des chiffres exacts qui fixent d'une manière bien positive l'influence qu'exercent sur la classe ouvrière, sur son bien-être, et sur la circulation générale des capitaux, les industries du blanchiment, de la teinture et de l'impression sur étoffes. Ces industries reçoivent directement et successivement les fils et les tissus, consommés rarement sans avoir été blanchis, apprêtés, teints ou imprimés.

Le programme très-étendu que nous venons d'exposer nous donne toute latitude pour développer sans répétitions oiseuses des faits connus, les progrès réalisés dans les diverses branches qui, par leur ensemble, constituent l'art de la teinture. Cet article sera donc complété, pour ceux qui désireront en faire *un tout* presque synoptique, par la lecture des autres travaux contenus dans le *Dictionnaire des Arts et Manufactures*. Nous aurons soin, du reste, de renvoyer aux articles pour plus amples informations. Nous aurons, par cette méthode, toute possibilité d'intercaler avec ordre les nombreuses observations, tant théoriques que pratiques, qui ont pris place dans la science et dans l'industrie depuis 1855, et qui ont trait, soit au blanchiment, soit à la teinture proprement dite, soit à l'impression, soit encore à la préparation mécanique ou chimique des matières tinctoriales. Nous commencerons par l'étude des faits commerciaux qui nous semblent propres à démontrer l'importance des industries qui s'occupent des matières textiles. Nous la ferons suivre d'observations nouvelles sur les propriétés de ces matières considérées au point de vue chimique. La découverte de nouveaux principes propres à dissoudre ces matières pourra un jour jeter les plus vives lumières sur la nature des phénomènes de la teinture proprement dite.

§ I. DES MATIÈRES TEXTILES

Considérées dans leur développement industriel et leur rapport avec les opérations de la teinture.

Coton. — L'industrie du coton, originaire de l'Inde, ne s'introduisit que lentement et tardivement en Europe, d'abord par les Maures qui, dans le dixième siècle tentèrent de la naturaliser en Espagne. De nouveaux essais furent faits dans le quatorzième et le quinzième siècle en Italie et dans les Pays-Bas, mais sans qu'il en résultât aucune industrie de quelque importance.

C'est en 1569 que la première balle de coton fut importée dans le Royaume-Uni: en 1641 la fabrication était complétement installée sur une grande échelle à

Manchester. En 1678, on y tissait environ 900,000 kilogrammes de coton par an. Mais, à cette époque déjà, de nombreuses réclamations s'élevaient contre l'introduction des tissus de coton des Indes; on demanda la prohibition qui ne put être décrétée qu'en 1700 : à l'ombre de cette protection, l'industrie se développa tellement qu'en 1851 elle représentait 700 millions de francs d'exportation, et 600 millions de francs de consommation intérieure. En France à la même époque cette même fabrication ne représentait que 50 millions d'exportation, mais 580 millions de consommation intérieure. Dans ce premier chiffre figurent beaucoup de tissus de coton teints ou imprimés. Ainsi, pendant 1849, les toiles peintes figurent pour 900,000, et en 1850 le même article figurait pour une somme de 1,488,540 francs.

La consommation par habitant de France en 1790 était 1/5 de kilogramme, lorsqu'en Angleterre chaque habitant disposait de 1 kilog. 1/2.

L'enquête de 1834 a constaté que 34 millions de kilogrammes entraient à cette époque dans les manufactures françaises et qu'ils arrivaient au consommateur pour une somme de 600 millions. En Angleterre 125 millions de kilogrammes sont mis en œuvre, 72 millions sont exportés, c'est-à-dire 450 millions de francs.

Alors la France spécialisait dans l'industrie cotonnière la perfection du travail, l'amélioration des fils; l'Angleterre au contraire spécialisait la production à bon marché. Dans ces deux voies différentes depuis 1816 chacune de ces deux nations avait triplé sa production et reduit ses prix de moitié. Elles étaient arrivées au même résultat.

En récapitulant depuis 1816 jusqu'en 1849 les chiffres qui représentent la mise en œuvre des cotons en Europe M. Mimerel (rapport sur l'Exposition de Londres) a dressé le tableau suivant comprenant des périodes décennales :

En 1816.	80	millions de	kilogrammes
1826.	140	dito	dito
1836.	246	dito	dito
1846.	500	dito	dito
1849.	540	dito	dito

Ce n'est pas seulement le climat qui détermine l'emploi des tissus de coton; la civilisation exerce aussi son influence sur cette partie de la consommation publique et cette observation explique l'importance que nous attachons à ces documents statistiques. En effet, si le bas prix du vêtement de coton est cause de son emploi fréquent par le peuple, la souplesse du tissu, la délicatesse des couleurs qui le teignent, le rendent propre encore à l'usage des classes plus aisées. On en pourrait déduire, avec M. Mimerel, que le bien-être et la richesse d'une nation peuvent dans certaines limites se mesurer d'après l'importance de leur consommation en tissus de coton.

A l'appui de cette opinion je reproduis ici le tableau qui résume par nationalité la consommation de chaque habitant :

Angleterre . .	2 k.	1/2	Autriche . . .	1 k.	1/4
Belgique . . .	2	»	Suisse.	1	1/4
France	1	1/2	Espagne. . . .	1	»
Zollverein. . .	1	1/2	Russie	»	1/2

Nous observerons relativement à la France que, plus élégante dans ses habitudes, sa population se vêt avec des tissus plus fins, c'est-à-dire d'une plus grande superficie pour un même poids. « Si les habitudes d « l'Angleterre pénétraient chez nous, la consommation « s'élèverait pour chaque habitant au delà de 2 kilog. »

En cherchant à faire l'évaluation des salaires attribués à l'industrie du coton, on trouve que la masse filée et tissée par année s'élève à 485 millions de kilogrammes ayant une valeur de 6 francs l'un, ce qui fait plus de 3 milliards. La valeur des matières premières et des substances tinctoriales est environ de 800 millions ; il faut déduire la valeur du loyer et l'intérêt des capitaux engagés. Il reste environ 2 milliards. En France, où la consommation représente 630 millions, la part des salaires est donc d'une importance considérable, environ 378 millions.

L'Amérique et la Russie sont sans doute appelées à changer cet état de choses, et peut-être dans un avenir assez rapproché. La première possède le coton, et la seconde jouit de la main-d'œuvre à des prix très-faibles. Aujourd'hui les Américains importent en Chine pour 10 à 12 millions de francs de tissus non imprimés, lorsque leurs tissus imprimés seront plus satisfaisants ils en introduiront beaucoup plus; l'exportation dans les Indes est tellement menacée qu'on a dû protéger les produits de la métropole par une différence de 5 pour 100 sur les droits qu'ils payent à l'entrée. Les produits anglais payent 5 et les produits américains 10 pour 0/0.

L'Angleterre cherche à conjurer ce danger qu'elle voit grossir à l'horizon ; elle veut introduire dans l'Inde, en même temps qu'elle favorise son exportation, les cotons d'Amérique en les naturalisant. Jusqu'ici ses essais sont restés sans résultats, malgré de nombreux sacrifices ; car il y va du chômage de ses nombreux ateliers dans un avenir plus ou moins prochain, si par la suite leur alimentation reposait sur le bon plaisir d'une nation rivale ; l'Angleterre ne s'arrête pas devant les obstacles que lui présente la nature transformant sur le sol des Indes les longues soies de l'Amérique en espèces à duvet très-court. Elle appelle le chimiste à son aide et dès 1851 un fabricant anglais présentait à l'Exposition des produits obtenus avec le lin et possédant l'aspect du coton.

Ce que tente l'Angleterre dans les Indes, la Russie l'essaye dans ses provinces du Caucase. Dès 1849 on filait à Moscou, en cotons indigènes, presque la dixième partie des cotons que l'empire russe tout entier consomme annuellement.

La France, plus heureuse que l'Angleterre, a l'espoir de posséder dans sa colonie d'Alger les plus belles ressources pour produire le coton ; c'est assurément une conquête agricole et industrielle bien capable de payer les sacrifices de sang et d'argent que le pays s'est imposés. Ces considérations ont une certaine importance ; car la substitution de cotons nouveaux à ceux auxquels on a recours aujourd'hui, pour la filature et le tissage, conduira à des modifications dans les rapports de ces matières textiles avec les matières colorantes. Nous reviendrons sur cet intéressant sujet, en nous occupant de la teinture proprement dite. (Voyez COTON.)

Lin et chanvre. — Plus de trente années s'étaient écoulées depuis que le filage mécanique du coton avait transformé l'industrie anglaise ; des progrès considérables avaient été signalés dans la main-d'œuvre et dans la qualité du travail, et, de ce côté du détroit, peu de distance séparait notre industrie de celle de la Grande-Bretagne. Le lin avait résisté ; il restait encore dans le domaine de la quenouille et du rouet. Cependant la filature du lin devait ouvrir un nouvel avenir à nos manufactures et le prix d'un million de francs pour l'inventeur de la filature mécanique du lin ouvrit les yeux sur l'importance de la question. M. Philippe de Girard réalisa les conditions du programme, et s'il fut privé des récompenses auxquelles lui donnaient droit et son génie et sa persévérance, il ne faut en accuser que les préoccupations qui pendant les années 1812 et 1813 absorbaient la France et son gouvernement.

Avant comme après Philippe de Girard, on avait proposé divers systèmes en vue de la filature mécanique du lin ; mais quelques-uns d'entre eux n'avaient pour but que d'appliquer à la filature mécanique du lin les

méthodes en usage dans la filature du coton. L'entière réussite devait au contraire avoir pour base et pour point de départ ce que la pratique avait appris dans la filature à la main; il fallait faire exactement ce que fait la fileuse elle-même : aller chercher dans la poignée de lin la petite quantité de brins dont elle a besoin, les démêler, les tendre et les humecter avec de la salive. Inventés en 1810, comme le prouvent les brevets pris à cette époque par Philippe de Girard, puis appliqués à Paris, en Autriche, en Saxe, ces procédés, basés, d'une part, sur l'emploi de peignes qui basculent les uns sur les autres, vont chercher et étirer les filaments pour les conduire au cylindre étireur, d'autre part, sur l'emploi de l'eau tiède pour dissoudre la matière glutineuse qui soude les fibrilles composant le filament de lin, ces procédés restèrent inconnus en Angleterre jusqu'en 1819. Des documents irrécusables prouvent en effet que c'est dans la période qui sépare 1820 de 1824 que la filature mécanique du lin fut établie dans le Royaume-Uni. Des essais plus ou moins heureux avaient été faits, mais ils ne conduisirent pas à des résultats complets. L'invention ne doit dater que du jour où la révolution s'est accomplie, et nous avons dit qu'elle l'avait été par l'emploi de l'eau chaude et des peignes sans fin créés par Philippe de Girard. Telle est la part de la France dans l'application de la mécanique à la filature du lin. La part de l'Angleterre est considérable, surtout dans les perfectionnements, car c'est elle qui a réglé les machines préparatoires, c'est elle qui a complété le système de l'assortiment des machines, c'est elle encore qui a trouvé le filage à sec des étoupes.

L'importance du blanchiment dans ses rapports avec les étoffes de lin motive l'exposé que nous allons présenter ici des détails sur l'importance de l'industrie linière en Angleterre comme en France. Ces détails sont extraits presque textuellement du rapport de M. Legentil sur l'Exposition universelle de Londres en 1851.

Si la France a tardé trop longtemps à s'approprier la filature mécanique du lin, la Belgique et l'Allemagne ont encore montré moins d'empressement. On trouve la cause de cette situation dans la culture même du lin très-répandue sur ce territoire. Le lin était filé, puis tissé manuellement par des ouvriers débiles, ce travail s'alliant du reste aux travaux des champs; les capitaux d'ailleurs étaient beaucoup moins pressés de se porter sur cette industrie exercée déjà dans des conditions d'un salaire très-modique.

En Angleterre de nombreux et très-habiles mécaniciens, une population ouvrière familiarisée depuis longtemps avec l'usage des machines, la vue de fortunes colossales créées par l'exploitation de l'industrie cotonnière, tous ces puissants mobiles entraînèrent les spéculateurs. L'Angleterre marcha donc d'un pas ferme dans cette carrière, après avoir pris une avance considérable sur toutes les autres nations.

L'accroissement annuel de la filature et du tissage du lin devrait être le plus puissant encouragement à la culture de cette matière textile dans les pays qui la cultivent et la mettent en œuvre. Il n'en est cependant rien, comme le prouvent les données statistiques qu'on a pu recueillir. Une des grandes difficultés de la culture du lin réside dans l'opération du rouissage ; c'est tout à la fois une cause de retard dans la solde du travail du producteur, une cause d'insalubrité dans la localité qui se charge de miasmes, surtout lorsque le rouissage s'opère dans des eaux stagnantes.

Depuis 1847 des essais ont été faits pour faire disparaître les inconvénients de cette préparation; l'eau chaude proposée par M. Schenck n'exige déjà plus pour les tiges de lin que soixante heures d'immersion. En 1850, M. Doulan a proposé le broyage mécanique du lin qui sépare la tige ligneuse du filament, et qui supprime le rouissage; on file la filasse à sec, et l'on fait bouillir le fil avant le tissage. Ce moyen ne peut servir qu'à l'obtention de fils très-communs. Enfin, M. Claussen propose de plonger la tige dans une solution chimique appropriée; trois heures d'immersion suffisent pour détacher la filasse de la tige ligneuse qu'elle enveloppe. Il va plus loin : il blanchit complétement la filasse, la divise et la *cotonise* en quelque sorte. Mais y a-t-il avantage à faire du coton avec du lin? pourquoi ne pas réserver le cœur du lin qui produit un élément textile plus précieux que le coton?

De toutes les nations, celle qui cherche le plus actuellement à répandre la culture du lin est l'Angleterre ; elle fonde ses espérances de succès sur la division du travail; on veut séparer les deux industries, celle de la production du lin et celle de la préparation de cette matière textile. La culture s'augmentera du jour où le cultivateur pourra vendre et livrer sa récolte sur pied. La préparation, le rouissage et le teillage du lin se feront beaucoup mieux, lorsque ces deux opérations s'exécuteront dans des ateliers spéciaux, en dehors des champs, où le filateur pourra réunir intelligence, économie, activité.

L'Irlande peut suffire aux besoins de l'Angleterre; l'étendue du sol de cette contrée qu'il est possible de cultiver peut s'estimer à 15 millions d'acres (1 acre = 65 ares 60 centiares); il est admis que chaque acre donne 250 kilogr. de filasse, ce qui équivaut à 380 kilogr. par hectare.

Or, la Grande-Bretagne possède un million cinq cent mille broches, qui consomment annuellement 120 à 125 kilogr. de filasse, dont elle tire les trois quarts de l'étranger. Pour trouver chez elle-même la totalité de son approvisionnement, elle n'aurait à ensemencer que 500,000 acres ; l'Irlande y suffirait seule, car cette superficie ne représente que la trentième partie de sa surface totale. Le lin d'Irlande est bon; il produit toutes les variétés extra-fines que la Belgique seule est en mesure de produire.

L'Angleterre poursuivra certainement le but qu'elle se propose, la propagation de la culture du lin, car elle sent qu'un jour ou l'autre ses manufactures de coton manqueront de la matière première dont elles font une si prodigieuse consommation. (Voyez CHANVRE et LIN.)

Laine. — Peu de laines en fil ou tissus sont livrées en blanc à la consommation ; si l'on excepte quelques casimirs et les flanelles, la laine n'est consommée que lorsqu'elle a reçu les diverses opérations de la teinture. Avec les développements de l'industrie des laines doit donc encore se développer l'art de la teinture. A ce titre nous trouvons intéressants les chiffres que M. Randoing a réunis à l'occasion du travail de la commission française pour l'Exposition universelle de Londres.

D'après cet honorable industriel, l'histoire de l'industrie de la laine peut se résumer en France en quatre périodes distinctes.

La première commence à la fin du seizième siècle, à la fondation de cette industrie, et la création des grands établissements dont la principale force consistait dans les nombreux priviléges qui leur étaient concédés ; elle se termine en 1789.

La deuxième période comprend la durée de l'Empire et le commencement de la Restauration. La situation de la France vis-à-vis de l'Europe entière impose au chef de l'État l'obligation de faire de l'industrie l'un des leviers de son action; la fabrication des draps, secondée par les soins donnés à l'agriculture, comme encore par l'esprit d'invention qui caractérise ce siècle, suit l'impulsion des sciences positives, elle sort de

l'ornière et ne repose plus sur des priviléges ; prenant son point d'appui sur les besoins du pays, elle devient une cause de prospérité.

La troisième période commence vers 1818. Les manufacturiers adoptent sur une grande échelle l'emploi des machines, qu'ils substituent à la force matérielle de l'homme. Il en résulte dans la main-d'œuvre une diminution considérable, une baisse de prix qui développe la consommation dans une proportion à la suite de laquelle deux crises successives apprennent au producteur à régler sa marche de manière à ne plus s'exposer à de nouveaux désastres.

La quatrième époque commence en 1830. Elle embrasse une longue période pendant laquelle s'effectue le développement régulier de toutes les branches de la fabrication. Les progrès de la teinture et l'influence du goût viennent se joindre au perfectionnement des outils, et permettent d'ajouter aux produits français des qualités nouvelles.

L'histoire des progrès de l'industrie de la laine en France se lie entièrement à l'histoire de la production de la laine brute. Vers le milieu du dix-huitième siècle, la France n'occupait que le septième rang, si l'on classait les nations par ordre du mérite des laines qu'elles pouvaient produire ; elle venait après l'Espagne, la Hollande, l'Angleterre, la Saxe, le Palatinat et le Danemark. Elle tirait de l'étranger en 1780 la moitié de la laine qu'elle mettait en œuvre. Les laines d'Espagne étaient particulièrement employées dans les filatures d'Elbeuf, Louviers, Sedan, Reims, Abbeville, Amiens, Rouen. En 1782 la France en reçut pour 14 millions de francs ; en 1812 sa production s'élevait à 84 millions de francs. Depuis cette époque, il y a développement non-seulement en quantité mais encore en qualité. Le croisement de nos races avec les races espagnoles a relevé nos produits jusqu'à parvenir au troisième rang. Aujourd'hui nous possédons des laines magnifiques, et nous n'importons plus que le cinquième des laines mérinos que le filateur demande pour les transformer.

En 1851 on pouvait évaluer à 40 millions les moutons de toute nature qui vivent en France. Chaque toison pèse en moyenne, y compris celles des agneaux lavés à dos, 1k,800, soit 72 millions de kilog. de laine à raison de 3 fr. 50 c. le kilog., ce qui fait 252 millions de francs pour toutes qualités.

La moyenne de l'importation des années 1849, 1850, et 1851 est de 55 millions, soit en tout 307 millions. En admettant, ce qui est assez exact d'après une série nombreuse de prix de revient, que la valeur de la laine brute ne soit que le tiers de la valeur d'un tissu quelconque au moment où le consommateur l'achète, le nombre total des tissus de laine fabriqués en France s'élèverait à 921 millions aux époques considérées. On livrait alors à l'exportation 116 millions ; il resterait donc pour la population le chiffre de 805 millions ; ce chiffre, pour de nombreuses raisons, ne peut être considéré que comme un minimum.

En Angleterre, d'après les relevés officiels, dans la même période, la laine représentait une valeur créée égale à 925 millions, c'est-à-dire à peu près la même que chez nous.

Nous croyons devoir terminer cet aperçu par l'exposé de quelques chiffres qui représentent le développement des exportations. Mais il convient, pour pouvoir comparer les chiffres que donnent nos douanes à ceux fournis par les douanes anglaises, de réunir aux tissus de laine les exportations qui résultent du trafic des tapis et de la bonneterie.

La moyenne des exportations françaises des années 1827 à 1836 pour les tissus de laine divers, y compris les tapis et la bonneterie en général, a été de 38 millions ; les exportations des mêmes produits pendant

l'année 1851 se sont élevées à 122 millions 500 mille francs. Le progrès réalisé pendant 20 ans a donc été 220 pour cent.

Les exportations de l'Angleterre ont été en 1830 de 118 millions, en 1851 de 246 millions 500 mille francs. C'est seulement 110 pour cent., c'est-à-dire que la proportion d'accroissement a été double pour la France de ce qu'elle a été pour l'Angleterre. Nous exportons même en Angleterre surtout en tissus de mérinos et tissus de nouveautés.

On suppose, d'après des chiffres officiels, que l'industrie des laines représentait, vers 1852, 146 millions, distribués en France sous forme de salaire par année de 300 jours à raison de 1 fr. 25 c. par journée de 10 heures de travail. (Voyez LAINE.)

Soie. — L'importance de la teinture dans ses rapports avec la soie donne une valeur toute spéciale aux quelques chiffres que nous présentons ici.

On évalue à 3 millions de kilog. la quantité de soie grége annuellement mise en œuvre en France. La valeur de cette matière, variable chaque année, peut être fixée, terme moyen, à 55 fr. le kilog.; c'est donc une valeur de 160 millions qui se trouvent servir de base première aux confections de soieries et de rubans.

Sans vouloir suivre avec M. Arlès Dufour toutes les alternatives de malaise et de bien-être qu'ont subies les fabricants de soieries depuis le quinzième siècle jusqu'à nos jours (Rapport sur l'Exposition de Londres, travaux de la commission française, 1854, Paris), nous constaterons que depuis 1848 jusqu'à 1852 l'industrie des soies a été des plus florissantes. Le nombre des métiers dépassait alors 60,000. Cette situation exceptionnelle tient à ce que plus de la moitié de ses productions s'exportant, elle souffre relativement peu des crises et même des révolutions intérieures, pourvu que ses débouchés extérieurs restent ouverts.

Les 60,000 métiers qui travaillent pour Lyon sont dispersés dans l'agglomération lyonnaise, le département du Rhône et les départements voisins.

Les agitations politiques ainsi que les questions de main-d'œuvre ont fait porter loin de la ville les métiers à tisser, même les métiers mécaniques ; cela s'explique par la valeur des matières premières qu'elle emploie, et qui élève bien autrement que pour le coton, la laine et le lin le capital qu'exige l'établissement des grandes usines.

On peut assurément évaluer à 375 millions par an pendant les années 1850, 1851 et 1852 la production des articles dans lesquels la soie domine.

§ II. DES MATIÈRES TEXTILES

Étudiées au point de vue de leurs propriétés physiques et chimiques.

Maintenant que nous sommes convaincus de l'importance des industries auxquelles se rattache, par de nombreux liens, l'art de la teinture, nous devons, sans aller plus avant dans l'exposé des diverses considérations fiscales, économiques ou autres, qui pourraient s'y rattacher, indiquer d'une manière complète les notions que nous possédons sur les propriétés physiques et chimiques des matières textiles employées et désignées dans le chapitre qui précède. Cette étude, pour laquelle nous éviterons les répétitions et de trop longs détails en renvoyant le lecteur aux articles spéciaux concernant chaque matière textile en particulier, nous initiera promptement à la théorie de l'art de la teinture, à la pratique de l'une des industries les plus dignes d'intérêt. Elle nous permettra de comprendre les différences que présente la teinture en flocons, la teinture en écheveaux et la teinture en tissus. Elle nous fera saisir enfin les modifications qu'on remarque dans les procédés pratiques appliqués aux étoffes de soie, de laine ou de fil et de coton.

Nous étudierons les matières textiles dans l'ordre que nous avons suivi jusqu'à présent, en les divisant en matières d'origine végétale et matières d'origine animale.

Matières d'origine végétale.

A cette catégorie appartiennent le coton, le chanvre et le lin. Ce sont les seules matières textiles d'origine végétale dont nous nous occupions ici.

Coton ou laine d'arbre. — Le coton est, comme on sait, le produit d'un arbre ou d'un arbuste qu'on nomme *cotonnier*, de l'ordre des mauves ; il ne croît que dans les pays chauds, entre le trentième degré de latitude et la ligne ; les terres argileuses, rocheuses, sablonneuses lui conviennent ; toutes les expositions lui sont bonnes, sauf celle du vent du nord, qui pourrait en dessécher les feuilles. Les fibrilles du coton dont l'industrie fait usage ne sont autre chose que les poils qui forment le duvet de la graine du cotonnier, dont les sucs ont disparu par le développement et la dessiccation. De la finesse des fibrilles, de leur longueur, de leur élasticité, de leur force et de leur douceur dépend la qualité du coton ; celui qui réunit ces qualités au plus haut degré a le plus de valeur, d'après M. Michel Alcan, si bon juge en pareille matière.

Rappelons ici qu'il y a plusieurs espèces de coton niers qui toutes ne se prêtent pas avec la même facilité, avec le même bonheur aux opérations de la teinture. Les uns ont la forme d'arbre, les autres n'atteignent pas au delà de la hauteur des arbustes. On distingue, dans le commerce, les cotons suivant la longueur des fibrilles ; on les nomme *cotons à longues soies* ou *cotons à courtes soies*. La longueur des premiers varie de $0^m,0202$ à $0^m,039$; la longueur des seconds est comprise entre $0^m,014$ et $0^m,025$; il y a donc dans cette dernière classe des cotons de la même longueur que les cotons longues soies ; leur qualité ne permet pas alors de les admettre dans la première classe.

En général, les cotons longues soies viennent de Géorgie, de Bourbon, d'Égypte, de Cuba, de Carthagène.

Les courtes soies viennent de la Louisiane, de Cayenne, de Madras et d'Alexandrie. L'Algérie fournit actuellement à la France des cotons de très-belle qualité. Nous renvoyons à l'article COTON, publié dans le premier volume de ce Dictionnaire, où le lecteur trouvera l'exposé de toutes les méthodes de préparation du coton et les procédés perfectionnés employés dans la filature de cette matière textile.

Chanvre. — Le chanvre est une plante annuelle, *cannabis sativa ;* la tige droite, velue, dure au toucher, creuse en dedans, a généralement de $1^m,43$ à 2 mètres de hauteur ; elle est recouverte d'une écorce qui se sépare en filaments assez déliés. La graine est connue sous le nom de *chènevis ;* Linnée en attribue l'origine à la Perse.

Les chanvres les plus estimés sont ceux de l'Auvergne et de l'Anjou, mais ils ont beaucoup moins de souplesse que les lins ; il est d'ailleurs difficile de les teindre en couleurs claires, car on ne peut les blanchir complétement.

Lin. — Le lin est une plante annuelle à tige fine, qui s'élève moins que celle du chanvre ; elle n'atteint guère que de $0^m,70$ à $0^m,80$; elle est creuse et formée de filaments réunis par une substance agglutinative que le rouissage peut dissoudre, et qui contrarierait beaucoup le teinturier si par des procédés spéciaux on n'en savait débarrasser complétement les fils et les tissus. Les filaments du lin comme ceux du chanvre ne sont autre chose que des tubes vasculaires articulés et cloisonnés ouverts à leurs deux extrémités. Cette contexture de la fibre textile ne semble pas être étrangère à la coloration de la fibre par les matières tinctoriales ; ceux qui n'ont voulu voir dans les divers phénomènes de la teinture que des actions physiques s'appuyaient sur cette organisation de la matière textile. Nous verrons que pour concevoir une idée bien exacte de ces sortes de phénomènes, il faut faire la part à toutes les influences qui sont en jeu. Ce qu'il y a de certain, c'est qu'on trouve dans la laine et dans la soie une organisation, sinon semblable, au moins équivalente.

Le lin et le chanvre ont d'ailleurs avant d'être mis entre les mains du teinturier à subir de nombreuses opérations qui les transforment, les purifient, les façonnent en fils et en tissus ; nous engageons le lecteur à lire attentivement les articles si bien présentés par M. Alcan sous le titre de LIN. Les traitements manufacturiers qu'on fait subir à ces deux matières textiles sont les mêmes ; il faut les connaître pour apprécier le rôle dans la teinture de plusieurs des agents dont nous ferons usage par la suite. L'article TISSAGE du même auteur doit encore être étudié pour nous faire saisir le rôle des substances accidentelles que le tisserand introduit pour effectuer son ouvrage et dont il est important que le teinturier fasse disparaître jusqu'aux dernières traces s'il veut produire dans les meilleures conditions de succès et de bon marché.

Propriétés chimiques des fibres d'origine végétale. — Considérées sous le rapport chimique, les fibres textiles du lin, du chanvre et du coton représentent de la cellulose pure, débarrassée de toute matière incrustante. Nous devons en faire une étude approfondie, surtout au point de vue du teinturier. Nous ne pouvons ignorer en effet comment cette fibre se comporte au contact des divers liquides dont le teinturier doit faire usage ; il nous faut aussi connaître les altérations qu'elle peut subir de la part des éléments employés pour la décolorer lorsqu'elle possède par elle-même une coloration propre qui doit disparaître surtout pour l'obtention des couleurs très-claires et pures. L'art du blanchiment comme celui de la teinture exige donc la connaissance des propriétés chimiques de la cellulose organisée.

La cellulose pure est formée de carbone, d'hydrogène et d'oxygène dans des proportions qui conduisent à la formule $C^{12} H^{10} O^{10} = C^{12} H^9 O^9 + HO$; elle contient en effet :

Carbone.	990	444
Hydrogène	125	6,17
Oxygène	1000	49,39
	2025	100,00

A l'état de pureté, c'est une substance incolore, diaphane, insoluble dans l'eau, dans l'acide acétique, dans l'alcool, dans l'éther, dans les huiles grasses et dans les huiles essentielles ; elle résiste à l'action des acides et des alcalis étendus, mais sa résistance est variable avec l'état d'agrégation sous lequel elle se présente.

La cellulose se conserve assez longtemps lorsqu'on l'expose à l'air sec ; mais sous l'influence de l'air humide, elle se désagrége d'abord, puis finit par subir une véritable décomposition.

Le chlore, le brôme, l'iode, en dissolutions étendues ne l'attaquent que faiblement ; mais s'ils agissent à l'état de dissolutions concentrées, les altérations sont profondes, surtout sous l'influence des rayons solaires. Non-seulement ils agissent comme des corps déshydrogénant tantôt en s'emparant d'une partie de l'hydrogène, tantôt en fixant de l'oxygène par suite de leur tendance à décomposer l'eau ; ils agissent encore en vertu des acides chlorhydrique, bromhydrique, iodhydrique formés, dans les deux cas, aux dépens de l'hydrogène de la cellulose ou de l'hydrogène de l'eau décomposée.

Le chlore, le brôme et l'iode attaquent encore la

cellulose en dissolution étendue, lorsque ces corps sont au contact d'une base énergique caustique hydratée, même carbonatée ; la dissolution de potasse ou de carbonate de potasse en présence du chlore, du brôme ou de l'iode désagrége la cellulose.

Les alcalis, la potasse, la soude, les oxydes solubles, la chaux, la baryte, les carbonates alcalins de potasse et de soude en contact avec la cellulose, agissent différemment sur elle, suivant qu'ils sont concentrés ou étendus, carbonatés ou caustiques, avec ou sans le contact de l'air. Les alcalis caustiques en dissolution faible, et les alcalis carbonatés même en dissolution concentrée n'exercent en général qu'une action assez peu prononcée sur la cellulose; elle est fortement contractée par les alcalis caustiques employés à l'état de liqueurs concentrées ; un tissu de coton, de lin, de chanvre se crispe, lorqu'on le touche avec un alcali concentré.

Lorsque, d'après M. Pelouze, on n'élève pas la température au delà de 160° et qu'on chauffe un mélange de cellulose et de potasse caustique, si l'on verse un acide dans la liqueur provenant du lessivage, on obtient une matière qui présente la composition et les propriétés générales de la cellulose, mais qui se dissout soit à froid, soit à chaud dans les alcalis.

Avec le concours de leur eau d'hydratation les alcalis deviennent fortement oxydants à l'égard de la cellulose; si l'on chauffe au-dessus de 160°, lorsque la cellulose est en excès, on obtient de l'ulmine, et lorsque l'alcali domine à 280° il se forme de l'oxalate de potasse ; à 400° l'oxalate se détruit, il n'y a plus que du carbonate de potasse. La formation de ces sels alcalins est accompagnée d'un dégagement d'hydrogène provenant de la décomposition de l'eau d'hydratation. L'oxygène s'est porté sur la cellulose.

L'action de la chaux sur la cellulose est très-remarquable ; cet oxyde n'agit en effet, même à l'état très-concentré, qu'en présence de l'air : dans le vide il n'y a pas d'altération ; dans l'oxygène, au contraire, on remarque une désagrégation très-rapide. Cette expérience prouve que la destruction du tissu résulte d'une oxydation de la matière elle-même; elle conduit à penser que dans la teinture en noir, il existe une cause d'altération semblable, et que lorsqu'on dépose sur un tissu des protoxydes de fer ou de manganèse pour les faire passer ensuite à l'état d'oxydes plus oxygénés, la fibre elle-même peut s'oxyder.

L'action des acides sur la cellulose est variable avec l'état de concentration de l'acide ; elle varie encore avec la nature de l'acide. L'acide sulfurique étendu n'exerce sur la cellulose qu'une action très-faible, lorsque le contact n'est pas prolongé. A la longue, la fibre passe à l'état de désagrégation, se gonfle et devient soluble dans l'eau ; elle passe à l'état de dextrine. L'acide sulfurique concentré opère immédiatement cette transformation, si l'on a soin d'ajouter l'acide seulement goutte à goutte, en remuant toujours.

L'acide chlorhydrique étendu forme une matière sucrée par une ébullition prolongée avec la cellulose ; il suffit de quelques centièmes d'acide pour changer en glucose le papier, le vieux linge et la sciure de bois.

L'acide chlorhydrique concentré devient, d'après M. Pelouze, un excellent dissolvant de la cellulose; il la dissout rapidement avec la plus grande facilité.

L'eau forme dans ce liquide un précipité blanc de cellulose; mais si l'on attend un ou deux jours, on n'observe plus de précipité, quand on ajoute l'eau : la cellulose a complétement disparu et la liqueur présente tous les caractères d'une dissolution de glucose.

L'acide nitrique étendu d'eau et à froid se comporte avec la cellulose comme l'acide sulfurique étendu. A chaud, il la désagrége d'abord, agit ensuite comme oxydant et la transforme en acide oxalique.

L'acide nitrique concentré et l'acide nitrique fumant agissent sur la cellulose en la dissolvant ; l'eau précipite de cette dissolution une matière blanche pulvérulente, insipide, azotée, que M. Braconnot rapprochait de la xyloïdine, composé curieux qui se forme quand on traite l'amidon dans les mêmes conditions.

Si, au lieu de traiter la cellulose (coton, chanvre, lin, papier) par l'acide azotique monohydraté, c'est-à-dire ne contenant qu'un seul équivalent d'eau, nous l'immergeons pendant quelques minutes dans cet acide, et si nous la retirons ensuite pour la laver à grande eau, nous obtiendrons une matière douée d'une grande combustibilité, tout en conservant la forme de la cellulose; on la nomme pyroxyline. Le collodion n'est autre chose que la partie de la pyroxyline qui se dissout dans un mélange d'éther et d'alcool, contenant 8 parties d'alcool pour 100 d'éther.

L'acide chromique et le bichromate de potasse, dont nous verrons qu'on fait en teinture un usage important, peuvent, à l'état de dissolution étendue, se trouver en contact avec les fibres textiles végétales, sans leur faire subir d'altération appréciable, pourvu que le contact n'ait pas lieu sous l'influence de la lumière solaire. Il faut éviter l'action du soleil, qui désagrége promptement, surtout avec une dissolution concentrée.

Les caractères qui précèdent, et sur lesquels nous avons cru devoir nous étendre longuement, fixent donc les limites dans lesquelles on peut faire agir sur les tissus de coton, de lin, de chanvre, les liquides dont on fait usage dans le blanchiment et la teinture. Nous rappellerons qu'ils semblent se confondre avec ceux qui distinguent l'amidon dont la composition chimique est d'ailleurs exactement la même. Ces deux matières ne sont cependant pas identiques, et nous devons faire ressortir ici l'une des plus importantes différences que le teinturier puisse observer.

Les fibres du coton, du lin, du chanvre, mises en contact avec certains sels de fer et d'alumine, s'emparent des oxydes de ces sels ; ils forment des composés particuliers qui sont capables alors de déterminer l'absorption des matières colorantes propres à teindre ces fibres. L'amidon n'offre aucun indice de cette propriété. On s'en sert pour épaissir les sels de fer et d'alumine qu'on veut combiner aux fibres végétales.

Ces fibres jouissent d'ailleurs d'une certaine affinité pour quelques matières colorantes, comme l'indigo, le carthame, le curcuma qu'elles attirent fortement. Dans cette circonstance, les fibres ne peuvent être décolorées qu'en faisant intervenir une action chimique énergique capable de déplacer la matière colorante.

Faut-il attribuer l'adhérence de l'oxyde ou de la matière à l'organisation spéciale des fibres différentes de celle de l'amidon? L'action qu'exerce sur la cellulose la liqueur cupro-ammoniacale peut permettre de décider la question ; car elle fait disparaître l'organisation sur laquelle nous avons insisté. J'ai disposé quelques expériences qui, malheureusement, ne sont pas assez avancées pour que je puisse faire prévoir les résultats qu'il faut en déduire ; elles ont pour base les observations qui suivent et qui permettent d'éliminer l'influence de la forme fibreuse.

M. Schweitzer a remarqué que l'eau-mère de l'hyposulfate double de cuivre et d'ammoniaque et le sous-sulfate vert de cuivre dissous dans l'ammoniaque possèdent la propriété de dissoudre plusieurs substances organiques : la cellulose, l'amidon, la soie; la cellulose est précipitée par des solutions concentrées de sels alcalins, de miel, de gomme, de dextrine. La cellulose en dissolution se sépare par l'évaporation en plaques membraneuses amorphes.

M. Péligot prépare un excellent dissolvant de la cellulose (coton, lin, chanvre,) en versant à plusieurs reprises de l'alcali volatil sur de la tournure de cuivre, dont on remplit une allonge placée verticalement ; il se

produit une dissolution bleue, capable de dissoudre un poids de cellulose à peu près égal à celui du cuivre qu'elle contient. Introduit dans cette dissolution, le coton se transforme d'abord en une gelée épaisse qui disparaît bientôt par l'agitation et l'addition d'une certaine quantité d'eau. L'addition d'un acide en excès régénère la cellulose inaltérée, mais dépourvue toutefois de son organisation primitive. Il m'a paru très-intéressant d'examiner comment se comporterait cette cellulose vis-à-vis des matières tinctoriales employées dans l'industrie; en supposant qu'on observe une différence dans le résultat comparatif, on serait fondé, les expériences étant concluantes, à maintenir la séparation qu'on admet entre la cellulose et l'amidon.

Il est vrai que si la cellulose précipitée perdait la propriété d'attirer les matières colorantes, on pourrait objecter l'altération moléculaire que la matière aurait subie. Mais il est évident aussi qu'on touche alors aux questions les plus secrètes de la nature et qu'il ne faut présenter de solution qu'avec la plus grande réserve. Jusqu'à présent, d'ailleurs, on a considéré la cellulose comme un produit unique; d'après les expériences de M. Frémy, les savants confondraient sous ce nom des composés isomériques pouvant, sous l'influence de certains réactifs, affecter un état uniforme. M. Payen n'admet pas complétement cette théorie. D'après lui, la cellulose qui résiste, avant toute modification, à l'action du réactif cupro-ammoniacal, celle, par exemple, qui constitue *le papier de riz*, ne diffère pas beaucoup de celle qui constitue les fibres textiles, les poils de la graine du cotonnier et les cellules des divers tissus des plantes.

« Toutes les fibres corticales ne sont pas homogènes;
« leurs parois sont épaissies, les unes par des couches
« concentriques de cellulose presque pure, immédiate-
« ment soluble dans l'oxyde de cuivre ammoniacal;
« les autres, par la cellulose plus ou moins injectée et
« soluble, seulement après épuration.

« Les différences que présentent les propriétés de la
« cellulose, primitivement homogène dans les orga-
« nismes végétaux, dépendent de sa cohésion et de la
« nature des substances injectées. »

M. Payen ne regarde pas comme impossible qu'on parvienne à démontrer l'existence de divers états isomériques de la cellulose, mais il ne regarde pas cette démonstration comme acquise à la science, dans l'état actuel de nos connaissances.

Matières d'origine animale.

Nous ne comprendrons dans cette étude que la laine et la soie; nous étudierons ces matières textiles au point de vue de leurs propriétés chimiques et de leurs qualités physiques.

Laine. On donne le nom de laine, comme on sait, à la matière filamenteuse qui recouvre la peau des moutons, régulièrement percée d'une infinité de pores qui laissent passer la sécrétion constituant la laine. On sait que cette matière flexible se prolonge à l'extérieur de la peau par des développements partant de la base et s'accumulant au sommet pour s'y dessécher. Elle remplit une fonction semblable à celle que remplissent les cheveux, les poils, les plumes; sa constitution est analogue.

Vue au microscope, la laine prend la forme de tubes cannelés, striés, et ayant un canal médullaire, rempli d'air ou d'un liquide plus ou moins coloré. La laine est généralement contournée sur elle-même, plus ou moins frisée, ce qui la distingue des cheveux et des plumes; il existe une grande variété de laines qui se différencient par la longueur des brins ou par leur grosseur. On les sépare sous le premier rapport en laines longues ou laines courtes; les unes ont plus de $0^m,08$ à $0^m,10$ de longueur; les autres sont de dimensions au-dessous. On nomme ces dernières *laines à cardes;* les autres, *laines à peignes;* il convient du reste de faire remarquer ici que toutes les parties d'une même toison ne fournissent pas des brins de même longueur ou de même grosseur. Les flancs représentent ordinairement les parties les plus estimées.

Les laines se divisent encore en deux grandes espèces surtout au point de vue du teinturier. Les *laines de toisons* qui proviennent de la tonte annuelle des animaux, et les *laines mortes* qui proviennent des peaux des animaux tués pour la boucherie ou morts de maladie. Les affinités de ces matières textiles pour les matières colorantes sont fort différentes.

Nous n'avons pas à nous occuper ici des divers procédés de préparation auxquels on soumet les laines pour les livrer au filateur. Ces opérations ont été décrites avec tout le soin possible par M. Michel Alcan à l'article LAINE. L'auteur y décrit toutes les opérations de la filature et la fabrication des tissus, comprenant le tissage, le dégraissage, l'épincetage, le foulage, le lainage, le tondage, le séchage à la rame, le passage à la vapeur, le décatissage et l'apprêt. Nous nous bornerons à présenter ici les propriétés chimiques de la laine, telle qu'elle se présente après la tonte.

Propriétés chimiques de la laine. — La laine à l'état naturel n'est pas un corps homogène. Les filaments textiles sont chargés d'un corps étranger sécrété par l'animal en même temps que la laine proprement dite, et dont la quantité varie avec la qualité des fibres textiles. Les qualités ordinaires en contiennent rarement au-dessous de 20 p. 100. Les belles laines en renferment généralement de 75 à 80 p. 100; on nomme *suint* ou *surge* cette sécrétion de nature graisseuse. Le désuintage doit toujours précéder tout travail. La laine est souvent vendue en suint par le cultivateur. Quelquefois l'éleveur lave la toison sur le dos de l'animal, la laine a subi ce qu'on nomme le *lavage à dos;* on lave encore après la tonte, la laine subit alors le *lavage à chaud* ou *lavage marchand*.

La laine débarrassée de son suint par les laveurs se nomme *laine lavée;* encore chargée de suint, elle se nomme *laine en suint* ou *laine surge*.

Quel que soit l'état de la laine lavée, quand on la met dans le commerce, elle contient encore de 10 à 15 p. 100 de suint; l'expérience et l'habitude permettent d'apprécier cette contenance sans une trop grande erreur.

La nature du suint et sa composition chimique offrent le moyen d'apprécier exactement ce qui se passe dans l'opération du désuintage.

La laine surge macérée dans l'eau froide s'y ramollit en abandonnant à ce véhicule le suint qu'elle contient; l'eau devient trouble, laiteuse, écumeuse comme de l'eau de savon. A cette première macération succède une série de lavages à l'eau chaude, puis une macération nouvelle avec de l'urine putréfiée pour dissoudre les matières qui n'ont pas disparu sous l'influence des premiers traitements.

D'après M. Chevreul, la laine agitée rapidement dans un grand volume d'eau cède à celle-ci la matière soluble du suint, et retient presque toute la matière grasse; celle-ci, à l'état de pureté, est insoluble dans l'eau; cependant elle peut être enlevée sous forme d'émulsion, lorsque la partie soluble du suint est concentrée, et qu'elle reste un temps suffisant en contact avec la matière grasse. La partie du suint soluble dans l'eau froide est essentiellement formée de carbonate de potasse, de sulfate de potasse, de chlorure de potassium, de phocinate de potasse, d'un autre sel de potasse dont l'acide est volatil, mais faiblement odorant, d'une matière organique contenant de l'azote et du soufre, enfin de deux sels savonneux à base de potasse, dont les acides sont les acides stéarérique et élaïérique, acides obtenus en traitant par la potasse deux matières grasses neutres qu'on trouve adhérentes à la laine lavée et que

TEINTURE.

M. Chevreul nomme *stéarérine* et *élaïérine*. Il y a en outre un sel ammoniacal.

Cette partie soluble du suint est en mélange avec la terre appliquée mécaniquement à la toison, et qui se dépose dans la cuve de lavage, puis avec une certaine quantité de stéarérine et d'élaïérine sous forme d'émulsion, et d'une petite proportion de matière contenant du soufre et de l'azote.

La laine traitée par l'eau contient encore une matière grasse que l'alcool peut enlever par épuisement; ce liquide enlève en effet une matière qu'on doit considérer comme excrétée par l'appareil glanduleux du poil et comme faisant partie du suint. Des brins de laine mérinos lavés à l'eau froide montrent souvent au microscope la matière grasse excrétée comme la gomme et la résine laque sur de jeunes branches d'arbres.

La matière grasse de la laine est au moins formée de deux matières grasses neutres, la stéarérine et l'élaïérine. L'une se ramollit à 45 degrés et fond à 60 degrés, elle cristallise; la seconde est liquide à 15 degrés, et ne cristallise pas. Très-difficiles à saponifier, elles donnent des acides stéarérique et élaïérique mêlés d'une petite quantité d'acide *phocénique*; il est probable que ce dernier est en combinaison à l'état latent avec une matière différente de la stéarérine et de l'élaïérine.

La laine épuisée par l'alcool ne cède à l'acide chlorhydrique que très-peu de matière inorganique, lorsque toute matière étrangère minérale a disparu par le désuintage. Pour avoir la laine pure, il est nécessaire de la laver encore à l'eau pour enlever tout l'acide chlorhydrique, puis de la sécher et de la traiter par l'alcool, qui dissout encore des traces de matière grasse, et enfin par l'eau pure, qui élimine tout l'alcool. En résumé, un échantillon de laine mérinos en suint a donné à M. Chevreul, après dessiccation à + 100°.

Matière terreuse	26.06
Suint soluble dans l'eau froide	32.74
Graisses particulières.	8.57
Matières terreuses fixées par la graisse	1.40
Laine proprement dite	31.23

La laine, après ce traitement, diffère notablement de la soie par une quantité notable de soufre. Cependant cet élément ne paraît pas être immédiatement combiné dans la fibre; il semble faire partie constituante d'un composé particulier qui lui est adhérent. En effet, le soufre peut être séparé d'un tissu de laine, en faisant macérer celui-ci dans un lait de chaux, pendant trente à quarante heures, le traitant successivement par l'acide chlorhydrique et par l'eau, puis recommençant ces traitements jusqu'à ce que l'eau de chaux n'enlève plus de soufre. Comme on peut séparer ainsi la plus grande partie de cet élément de la laine, et que celle-ci, sauf des déchirements et la diminution de ténacité qu'elle a subie, après avoir été soumise jusqu'à vingt-huit fois à l'action successive de la chaux et de l'acide chlorhydrique, conserve toujours sa forme filamenteuse, on est conduit à considérer le soufre comme un élément, non de la laine, mais d'un autre composé qui lui semble associé. La laine, privée de soufre, se rapproche beaucoup plus de la soie par la manière dont elle se comporte avec les oxydes métalliques dont les oxydes sont susceptibles de se sulfurer facilement, qu'elle ne le faisait avant d'être désulfurée.

On démontre facilement dans la laine la présence du soufre :

1° Le carbonate de soude à 2° Baumé, maintenu pendant une heure en contact à 75° centigrades avec la laine désuintée se charge de sulfure de sodium; on en constate la présence, ou par un sel de plomb, ou par l'acide sulfurique qui dégage de l'hydrogène sulfuré;

2° L'ébullition de la laine avec des acides faibles, surtout après ébullition avec des alcalis, dégage une odeur sensible d'hydrogène sulfuré;

3° L'acétate de plomb liquide colore la laine en gris noirâtre à la température de l'ébullition;

4° Une dissolution d'oxyde de plomb dans la potasse se colore en noir au contact de la laine désuintée; des sels d'étain en dissolution se comportent de même.

Abstraction faite du soufre et des matières salines, la laine est composée de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote dans des proportions mal connues encore. M. Ure a donné, dans son Dictionnaire, une analyse dont nous rapprochons les résultats de celle de M. Scheerer. Nous mettons en regard une analyse des cheveux, d'après M. Van Laer, et celle des poils de la barbe d'après M. Scheerer.

	Laine		Cheveux.	Poils de la barbe.
	Ure.	Scheerer.	Van Laer.	Scheerer.
Carbone. . .	53,70	50,60	49,77	54,99
Hydrogène. .	2,80	7,00	6,37	6,72
Azote	12,30	17,00	17,14	17,28
Oxygène et soufre. . .	31,20	24,60	26,72	24,00

La laine supposée pure est plus dense que l'eau; elle est très-hygrométrique; 100 parties de laine sèche absorbent 7,75 parties d'eau; insoluble dans l'eau, dans l'alcool, dans l'éther, elle résiste à l'action des acides et des alcalis très-affaiblis. Nous allons étudier ses caractères en présence des divers réactifs.

Le chlore, le brôme, l'iode désorganisent la laine; cette action est plus profonde encore en présence des alcalis.

Les dissolutions de potasse ou de soude à l'état de concentration dissolvent la laine; il se forme des acides particuliers; la baryte, la chaux, la strontiane l'altèrent également. Les *pelades*, laines mortes enlevées par la chaux de la peau des animaux abattus pour la boucherie, ont perdu le moelleux et le nerf que les laines vivantes conservent même après de nombreux lavages.

La laine est altérée par l'acide nitrique affaibli et par les nitrates acides; ils la colorent en jaune. L'acide nitrique concentré produit avec cette matière filamenteuse un abondant dégagement de vapeurs rutilantes; il se forme en même temps de l'azote et de l'acide carbonique. Le liquide évaporé fournit une quantité notable d'acide oxalique. L'acide sulfurique concentré modifie la laine; il se forme une matière analogue aux substances grasses. D'après M. Boettger, cette propriété peut être mise à profit pour l'analyse des tissus mélangés. Si l'on soumet à l'action de ce réactif un mélange de laine et de lin ou de coton, ces deux derniers sont détruits plus ou moins vite et les filaments qui résistent sont exclusivement de la laine qui brûle avec son odeur caractéristique. L'acide chlorhydrique qui possède aussi la propriété de désorganiser les filaments de coton a été mis à profit pour séparer les fils de coton qui sont mélangés aux vieux chiffons de laine qu'on remet en œuvre. Nous insisterons plus loin sur l'action de la potasse pour analyser les étoffes mélangées.

Lorsqu'on met la laine en contact avec certaines dissolutions salines, elle peut, suivant la nature du sel, se combiner simplement avec ces dernières sans les altérer, ou les décomposer partiellement et se combiner avec les produits de leur altération. MM. Thénard et Roard ont démontré les propositions suivantes :

L'alun se combine intégralement à la laine.

L'acétate d'alumine s'y combine partiellement, mais par la dessiccation à l'air, il se réduit en sous-acétate d'alumine et en acide acétique qui s'évapore.

Le bitartrate de potasse dissous dans l'eau est réduit

par la laine en acide tartrique qui s'y unit et en tartrate de potasse qui reste en dissolution dans l'eau. Ces faits ont une grande importance dans les opérations de la teinture. Pendant le mordançage des tissus de laine avec l'alun et le sel de tartre, la laine s'unit à la fois à l'acide tartrique et à l'alun.

Le tartrate de peroxyde d'étain dissous dans l'acide chlorhydrique prépare la laine à fixer la couleur de la cochenille comme le fait l'acétate, dont nous étudierons la composition plus loin.

Dans certaines circonstances l'altération que la laine fait subir aux dissolutions salines est beaucoup plus profonde ; elle agit comme agent réducteur puissant. C'est ainsi, par exemple, qu'elle ramène à l'état de sels de protoxyde les sels de peroxyde de fer ; elle agit encore de même avec certains sels dont les acides sont beaucoup plus facilement réductibles que ne l'est le peroxyde de fer.

De même que la fibre ligneuse, la laine peut absorber certaines matières colorantes ; elle se prête de la sorte aux opérations de la teinture, mais on remarque des différences notables dans l'intensité de la coloration. En faisant des essais comparatifs avec des matières colorantes jaunes, bleues et rouges, sur des laines provenant de moutons vivants, de moutons morts en état de santé, de moutons malades et de moutons morts de maladie, on a vu que les dernières n'avaient pris qu'une très-faible teinture. Les premières seules avaient présenté des résultats complétement satifaisants. M. Roard, directeur des teintures aux Gobelins de 1803 à 1815, fait remonter à cette cause les différences que présentent à l'égard de la teinture les diverses laines, quand on cherche à les teindre en bottes ou en écheveaux.

La laine doit dans tous les cas, avant d'être mise entre les mains du teinturier, être désuintée, blanchie et filée ; rarement elle est teinte en toison. Cependant nous verrons qu'on la soumet quelquefois en flocons aux opérations de la teinture. Le désuintage est décrit à l'article BLANCHIMENT, nous n'avons pas à l'étudier ; les détails dans lesquels nous sommes entrés au sujet de la composition du suint permettent de saisir la théorie de la pratique dans tous les détails du travail industriel. Il nous suffit de rappeler que le désuintage des laines ne doit pas être fait au-dessus de 60° et que les laines ne doivent pas rester dans le bain plus d'un quart d'heure. Ces observations de M. Roard sont conformes à ce qui se fait dans la pratique ; le savon de Flandre est le meilleur agent de désuintement.

Soie. — Nous commencerons l'étude de cette matière première en rappelant que nous n'avons pas à nous occuper ici de l'élevage des vers à soie, présentée déjà sous le titre SOIE par M. M. Alcan avec tous les détails convenables. Nous insisterons seulement sur les caractères physiques et chimiques de la soie considérée dans ses rapports avec la teinture.

De toutes les matières filamenteuses, la soie, comme nous l'avons dit, est la plus importante ; son éclat lui donne une valeur considérable, elle est la plus brillante ; sa résistance et la richesse des colorations qu'elle peut recevoir de la teinture la placent au-dessus de toutes les matières textiles.

Le fil obtenu par le dévidage du cocon se nomme *soie grége* ou *soie écrue*. La soie grége n'est pas composée d'une substance homogène ; elle se présente sous forme de deux filaments accolés formés par la solidification du liquide que sécrète la chenille ; la substance fibreuse qui constitue le filament est au centre de la matière solidifiée ; elle est recouverte de deux substances gommeuses de compositions différentes. M. Roard a confirmé vers 1807 ce que l'on savait de la composition de la soie grége, qu'elle est formée d'une matière gommeuse soluble dans l'eau, non cristallisable, qui entre pour les 0,24 ou 0,25 de son poids ; il constata la présence dans la soie d'une huile volatile odorante, de la cire et d'une manière colorante fluide à 30°, que M. Chevreul regarde comme une matière colorée et non comme un principe colorant, car il n'existe dans les soies écrues jaunes ou oranges de belle qualité qu'en quantité très-faible. M. Chevreul a constaté de plus que la matière appelée gomme est susceptible de se prendre en gelée comme la gélatine. La soie abandonne à l'acide chlorhydrique, à l'alcool, à l'eau des principes étrangers même après avoir été dépouillée de la gomme qui recouvre les fils. Le traitement par l'alcool a pour but d'enlever les acides gras du savon, et le traitement à l'eau de séparer tout l'alcool.

Il est important, avant de travailler la soie, d'enlever toutes les matières étrangères qu'elle contient. Une première couche de matière gommeuse est soluble dans l'eau chaude. La seconde ne l'est que dans une eau légèrement alcaline ; la soie dépouillée de matières étrangères prend le nom de *soie décreusée* ou *cuite ;* on appelle *décreusage*, *dégommage* ou *cuite de la soie* l'opération qui a pour but d'enlever ces matières étrangères.

D'après M. Mulder, 100 parties de soies écrues, jaunes ou blanches, contiendraient :

	Soie jaune.	Soie blanche
Fibre soyeuse	53,37	54,04
Substance analogue à la gélatine	20,06	19,08
Albumine	24,43	25,47
Graisse ordinaire	1,30	1,11
Graisse résineuse	0,10	0,30
Matière colorante	0,05	0,00

M. Mulder avait successivement traité la soie par l'alcool et l'éther pour enlever à chaud la graisse et les matières colorantes, par l'acide acétique bouillant et concentré pour enlever l'albumine et la substance analogue à la gélatine, enfin par l'eau pour compléter l'action de l'acide acétique.

La matière qui résiste à ces actions peut être considérée comme la soie pure, la fibroïne, malgré 0,003 de cendres ; on ne peut, en effet, sans la désorganiser, enlever le soufre, le phosphore, le chlore, le potassium, le sodium, le calcium qui constituent ces cendres.

D'après le même chimiste, la fibroïne pure contient :

Carbone	48,53	49,27
Hydrogène	6,50	6,50
Azote	17,35	17,02
Oxygène et soufre	27,62	27,30

La fibre soyeuse, insoluble dans l'éther, l'alcool, les huiles grasses et essentielles, est soluble dans l'acide sulfurique concentré ; à froid, la dissolution est visqueuse et d'un brun clair ; à chaud, elle est d'un beau rouge, et enfin d'un brun foncé à mesure que par l'oxydation il se forme de l'acide sulfureux. Les acides arsénique et phosphorique dissolvent à froid la soie ; l'acide nitrique et l'acide chlorhydrique exigent le concours de la chaleur.

Les alcalis concentrés dissolvent la soie ; mais les acides ou l'eau la précipitent de cette dissolution plus ou moins altérée.

Les carbonates et bicarbonates alcalins n'altèrent pas la soie.

Quelques sels sont fixés en nature par la soie comme par la laine ; l'alun est dans ce cas.

L'action du cuprate d'ammoniaque sur la fibre soyeuse est très-remarquable ; elle se confond avec celle que la même dissolution exerce sur le coton. D'après M. Schlossberger, l'oxyde ammoniacal de nickel dissout également la soie ; mais il ne dissout ni l'amidon, ni le coton. La solution de soie n'est précipitée ni par les sels étrangers, ni par le sucre ou la gomme ; les acides faibles précipitent la dissolution en flocons

incolores ayant l'aspect de l'hydrate d'alumine. Le liquide qui surnage est verdâtre.

La dissolution des matières textiles dans les sels ammoniacaux capables de les dissoudre ne s'effectue pas en présence du carbonate d'ammoniaque. Cette réaction n'est donc tranchée qu'autant que le réactif est nouvellement préparé. C'est que la dissolution des oxydes de cuivre et de nickel dans le carbonate d'ammoniaque sont inertes vis-à-vis de la cellulose et de la soie.

On rencontre dans la soie la propriété de soutirer certaines matières colorantes et certains oxydes aux dissolutions salines qui les renferment; les oxydes fixés sur la fibre soyeuse servent d'intermédiaire pour faire adhérer celles des matières colorantes qui ne se fixeraient pas directement.

Les soies sont conduites à l'atelier pour être teintes après le conditionnement pour éviter le piquage d'once. Nous renvoyons pour la pratique du décreusage à ce que contient l'article Blanchiment de la soie (voyez BLANCHIMENT). Nous nous bornons à rappeler l'observation de M. Roard, à laquelle l'industrie n'a peut-être pas attaché l'importance qu'elle mérite. M. Chevreul pense que le point le plus intéressant du Mémoire de Roard, lu devant l'Académie des sciences le 12 avril 1807, est la démonstration de la possibilité de décreuser la soie plus rapidement et plus économiquement qu'on ne le fait ordinairement, lorsqu'on sépare l'opération en trois actes : le dégommage, la cuite et le blanchiment; ces trois opérations exigent de cinq à six heures, tandis que le procédé de Roard n'exige qu'une heure de bouillon. Voici la méthode :

Pour une partie de soie, on emploie 15 parties d'eau, de 50 à 60 parties de savon pour 100 parties de soie jaune, de 8 à 16 parties de savon pour 100 parties de soie écrue blanche. Lorsque le savon est dissous dans l'eau, une demi-heure avant le bouillon on y plonge la soie pour la maintenir une heure au bouillon.

« Il est incontestable, » ajoute M. Chevreul, « qu'en opérant avec soin ce procédé réussit. » *Travaux de la Commission française*, t. V; *tapisseries*, p. 45.

§ III. SPÉCIFICATION DES TISSUS

destinés à la teinture.

Les détails que nous venons d'exposer sur les propriétés des fibres textiles considérées au point de vue physique et chimique seraient bien incomplets, si nous ne faisions pas connaître, au moins d'une manière sommaire, sous quelles formes le teinturier peut rencontrer ces matières. La classification la plus convenable est celle qui regarde les divers tissus que le consommateur réclame; ils se présentent avec des degrés de délicatesse excessivement variés. On verra que dans le blanchiment, comme dans la teinture et l'impression, on réunit aux procédés chimiques l'emploi de forces mécaniques; or, l'énergie des divers agents qu'on emploie doit être choisie d'après la nature de la fibre, et surtout aussi, quand il s'agit d'efforts matériels, d'après la nature de l'étoffe, c'est-à-dire d'après son degré de finesse et de résistance. Nous commencerons donc par faire connaître sous leurs désignations les plus répandues celles des étoffes que nous pouvons être appelés à mentionner dans les opérations qui vont suivre :

1° Avec la fibre textile du coton, on confectionne, *comme étoffes unies*, le calicot, la percale, le croisé, les jaconas, la mousseline, le velours de coton, le barége, l'organdi; *comme étoffes ouvragées*, la mousseline à jour, les organdis rayés, les balsorines, le crêpe de Chine, le crêpe façonné, le barége ouvragé, la percale brochée, les piqués grecs;

2° Avec la fibre textile du lin : les toiles de lin, les toiles fines et les batistes;

3° Avec la fibre textile de la laine : le casimir, la mousseline-laine, le mérinos, le cachemire d'Écosse, la flanelle, le drap;

4° Avec les fibres textiles de la soie : les foulards, les crêpes et les taffetas.

Il est convenable de citer ici les tissus mélangés de laine et de coton, de laine et de soie, de coton et de soie qui sont dans les arts vestiaires, pour hommes et pour femmes, l'objet d'une consommation particulière et considérable. On désigne sous le nom de mi-laine, ou vulgairement *chaine-coton*, ceux qui contiennent à la fois de la laine et du coton; la laine forme ordinairement la trame. On trouve dans ces classes des variétés d'étoffes si nombreuses, et les noms que le commerce leur donne sont si arbitraires (presque toujours bizarres, souvent empruntés aux hommes, aux choses ou aux événements nouveaux), qu'il faut renoncer à les conserver; elles ne sont d'ailleurs que passagères.

Il est difficile de définir par des caractères spéciaux et descriptifs ces divers tissus, mais il est bon de se familiariser avec ceux qui diffèrent entre eux par leur grossièreté plus ou moins primitive. Pour ceux-là, les moyens mécaniques les plus brutaux peuvent, en quelque sorte, être appliqués; pour les autres, les appareils de battage doivent être moins violents et d'autant moins offensifs que l'étoffe à laver présente un plus grand état de finesse, et partant une plus grande valeur.

Essais des tissus. Si la nature physique de l'étoffe dirige le teinturier dans le choix des agents auxiliaires mécaniques dont il doit faire usage, ce n'est pas non plus sans étude préalable qu'il applique les agents chimiques. Nous avons appelé l'attention sur les réactions différentes qui se passent au contact des diverses matières textiles et d'un même agent chimique. De plus, la nature intime même d'un seul tissu peut présenter des irrégularités, en présence de la teinture et la même fibre ne se conduit pas toujours d'une manière identique lorsqu'elle provient de localités différentes. L'expérience a fait voir, comme M. Persoz le rappelle dans son *Traité de l'impression sur étoffes*, 2e volume, p. 4, que le coton de Fernambouc se teint mieux en rouge turc que le coton de Géorgie, et que le coton de Macédoine est inférieur aux deux autres dans tous les genres de teinture, parce qu'il ne prend jamais que de teintes maigres et ternes.

Les toiles de coton colorées par la teinture d'un mordant imprimé, par conséquent épaissi, présentent parfois des filaments qui n'ont pas retenu la couleur dont l'ensemble était recouvert; ces filaments, qu'aucun caractère physique ne signalait, constituent au milieu des masses colorées des points blancs auxquels on assigne pour cause et pour origine la présence de *coton mort*. En attendant qu'on puisse faire disparaître ce défaut, il faut le mettre à nu, qu'il provienne de tubes obstrués, de torsions trop énergiques, de nœuds d'articulations, d'une cellulose parasite, de bruns avortés, etc.

Pour la laine, même observation, même impossibilité de teindre en nuances unies des mélanges de laines mortes et de laines vivantes; les brins de laine vivante fixent une forte proportion de matières colorantes; les brins de laine morte, au contraire, ne prennent qu'une coloration faible et sans éclat.

La nature du tissu n'est pas moins importante à connaître, lorsqu'il s'agit d'étoffes mélangées; les couleurs, par exemple, que reçoivent les mi-laines sont nécessairement en relation avec les proportions respectives des fibres de coton et de laine que le tissu contient; et comme d'ailleurs une couleur donnée ne se fixe pas de la même manière sur la laine et sur le coton, on est souvent forcé de faire, pour amener une égale intensité de coloration sur les deux matières, un

mélange dont les éléments conviennent aux différentes fibres et soient en rapport avec la quantité de celles-ci. Il est inutile de dire que le teinturier doit, pour composer sa couleur et la rendre adhérente au tissu, connaître la composition, la nature de la fibre qui la forme.

Les considérations qui précédent prouvent que le premier soin du manufacturier est de reconnaître la nature de la fibre qu'il doit teindre, et cette recommandation ne perd en rien de son poids lorsqu'il s'agit de fils au lieu d'étoffes; l'intérêt est le même.

Or, il est toujours facile de distinguer si la matière textile est d'origine végétale ou d'origine animale; il suffit de traiter à chaud la matière en essai par une dissolution concentrée de potasse caustique; la laine et la soie se dissolvent; le lin, le coton et le chanvre restent sans se dissoudre.

L'action de l'acide sulfurique concentré dans des conditions déterminées permet de reconnaître la nature de la fibre, et nous rappelons encore que l'action des dissolvants ammoniacaux de cuivre, de nickel peuvent permettre de distinguer la soie du coton ou du lin.

Quant à la valeur de la fibre à l'égard de son affinité pour telle couleur donnée, le mieux est d'essayer en petit une teinture dans la nuance voulue pour ne pas s'exposer à perdre dans des travaux exécutés sur une grande échelle des capitaux et du temps.

Dans un grand nombre de circonstances, comme nous venons de le dire, il est indispensable de connaître le rapport des fibres végétales aux fibres de nature animale; car c'est sur ces rapports que sont établies les compositions des bains de teinture; c'est encore sur eux qu'on détermine le genre de teinture possible sur une étoffe en tissu mélangé.

Analyse des tissus mélangés. — Plusieurs méthodes sont possibles pour faire apprécier les poids respectifs de laine et de coton, par exemple, contenus dans une étoffe donnée. Quelquefois, lorsque la différence entre l'aspect des fibres des deux espèces est considérable, on pèse séparément, après avoir séché à 100° l'étoffe prise pour l'analyse, les fibres de laine et celles de coton qu'on a séparées par un défilochage complet. D'autres fois, lorsque les fils de chaîne et de trame sont tous deux mélangés et que le départ des filaments d'une sorte ne détruit pas la contexture du tissu, on prend un centimètre carré de l'étoffe, par exemple, et faisant disparaître, en les tirant, les fibres d'une espèce de chaîne et de trame, on compte les fibres qui restent. On peut s'aider pour cette analyse de l'action chimique de la potasse en dissolution concentrée. Lorsque l'étoffe en expérience a été pesée après la dessiccation à 100°, l'ébullition fait disparaître tout ce qui est laine et tout ce qui est soie. Le résidu se compose des filaments de fil ou de coton, filaments isolés et mêlés, si toute la chaîne ou toute la trame était soluble; filaments entrelacés sous forme de tissu plus lâche, si la chaîne et la trame étaient elles-mêmes mélangées.

On a tiré parti pour faire cette analyse de la manière dont ces tissus mélangés se comportent avec certaines couleurs. Pour ne citer qu'un exemple, le carmin d'indigo qui prend directement sur la laine ne teint pas le coton, à moins que ce dernier n'ait été préparé par des méthodes convenables; mis en contact avec une étoffe laine et coton, il ne lui communiquera donc qu'une coloration dont l'intensité sera proportionnelle à la quantité de laine contenue dans le tissu. On trouve cette méthode très-expéditive, beaucoup plus commode même, que le moyen direct qui consiste à compter le nombre de fils que présente un tissu sur un centimètre carré et de le traiter par la potasse hydratée pour déterminer le nombre de fils qui disparaissent par le traitement chimique. Ce procédé présente, en effet, outre l'avantage de donner le rapport des fils de laine aux fils de coton dans un tissu mélangé, celui de fournir une indication précieuse sur la valeur de la fibre animale ou végétale en regard des opérations du blanchiment, de la teinture ou de l'impression.

C'est en se préparant des *normes* avec des matières colorantes déterminées, et des tissus composés dans des proportions connues qu'on peut se faire une idée bien précise des éléments sur lesquels la fabrications doit rouler.

Eau hygrométrique absorbée par les étoffes. — Plusieurs motifs ont conduit à déterminer la quantité d'eau que les diverses matières à l'état de tissu peuvent conserver même après dessiccation et reprendre dans un air saturé d'humidité. M. Chevreul s'est occupé de cette question; elle a de telles conséquences pour la sécurité des transactions commerciales, que les chambres de commerce ont établi dans la plupart des villes de France des *conditions* pour déterminer la quantité réelle de soie et de laine que contiennent les soies écrues et les laines filées. Les expériences de M. Chevreul ont porté sur les matières textiles fournies par la cellulose, la laine et la soie, sous les différents états de coton en poils, de filasse de lin et de chanvre, de soie écrue et de soie décreusée, de laine en suint et de laine lavée, enfin sur ces mêmes éléments à l'état de fils et de tissus.

Une étoffe complétement séchée à 100, 110 et 120 degrés contient une proportion d'eau égale à celle qui se trouve dans un échantillon de la même étoffe placée dans la même atmosphère que la première, sans avoir été préalablement desséchée. M. Chevreul a déterminé la proportion d'eau que ces étoffes absolument sèches absorbent quand on les expose dans des atmosphères marquant 65, 75, 80 et 100 degrés de l'hygromètre de de Saussure.

Les étoffes étaient dans un tube de verre plongé dans un bain d'huile à 120° pendant trois heures; un courant d'air séché sur du chlorure de calcium traversait lentement le tube dans toute sa longueur. La perte n'a pas été plus grande dans le vide sec. Une température de 100° aidée du courant d'air sec suffit pour dessécher complétement. Il est résulté de ces expériences que 100 parties d'étoffes préalablement bien séchées absorbent à la température de 20°, et dans une atmosphère marquant 100° à l'hygromètre de de Saussure, des quantités d'eau variables entre :

Pour les étoffes de coton. . . .	23,30 et 30,87
Pour les étoffes de chanvre. . .	24,34 » 35,40
Pour les étoffes de lin	26,65 » 32,87
Pour les étoffes de laine	28,01 » 36,70
Pour les étoffes de soie.	28,91 » 33,20

On voit d'après ces nombres que les étoffes, quelle que soit leur nature, absorbent à peu près la même quantité d'eau, et qu'en moyenne elle peut être le quart du poids de l'étoffe.

Eau d'imbibition fixée par les étoffes. — S'il n'y a que peu de différence dans le poids de la vapeur d'eau fixée par les divers tissus sous forme d'eau hygrométrique, il n'en est plus de même de l'eau d'imbibition que ces étoffes retiennent après avoir été tordues et comprimées. Il est convenable de connaître les chiffres que représentent ces quantités pour les différents tissus; car deux considérations importantes pour l'ingénieur le forcent à en tenir compte :

1° L'altération que le passage de l'étoffe dans les bains fait subir à ces bains en enlevant du liquide et les éléments qu'il tient en dissolution; on ne saurait, sans altérer la force de ces bains, maintenir constant le niveau par l'addition de nouvelle quantité d'eau.

2° L'effort calorifique qu'il convient d'appliquer à l'étoffe pour dégager cette eau, lorsque tout travail étant fini, le tissu doit être séché.

L'expérience a démontré qu'en moyenne après immersion et expression :

100	parties de calicot retiennent. . .	125 p.	d'eau.
100	— d'étoffes de laine	200 p.	—
100	— d'étoffes de soie.	92 p.	—

Ces quantités n'ont évidemment rien d'absolu ; elles varient nécessairement avec la finesse du tissu pour une même nature de fibres textiles, et de plus, toutes choses égales d'ailleurs, avec l'énergie des moyens mécaniques employés pour exprimer l'étoffe. Le fabricant doit, pour évaluer les conditions de travail que nous avons énoncées tout à l'heure, établir quelques essais qui lui fourniront des données plus précises en opérant sur ceux des tissus qui font ordinairement la base de ses opérations en réglant la torsion de façon à la rendre à peu près constante. Cette épreuve doit être faite tout aussi bien sur les fils en écheveau que sur les fibres tissées et façonnées en étoffes.

Marques des matières textiles à teindre. — Nous l'avons déjà dit, les matières textiles à teindre, en fils ou en tissus, sont soumises avec ordre et méthodiquement à des séries d'opérations mécaniques et chimiques fixées d'avance conformément aux lois de la science, conformément encore aux règles de la pratique. Il faut pouvoir suivre sans erreur toute matière en fabrication, afin de surveiller le travail. En général, ces opérations sont nombreuses pour les pièces *écrues*, c'est-à-dire pour celles qui n'ont encore reçu que l'opération du tissage ; qu'elles aient été tissées à la main ou mécaniquement, il faut les blanchir avant de les teindre en uni, comme encore avant de leur appliquer des couleurs variées par les méthodes de l'impression. Pour comprendre la plus grande généralité des cas, nous supposerons qu'on ait à teindre des pièces écrues ; il y a donc nécessité de les marquer : d'ailleurs, le blanchisseur et le teinturier doivent les rendre à ceux qui les leur fournissent.

Ces marques doivent être faites avec des matières qui résistent aux traitements par lesquels passe l'objet à teindre, quelle que soit la période de la fabrication. On se sert ordinairement d'encre d'imprimerie, ou d'une encre formée d'huile de lin siccative, dans laquelle on délaye de la sanguine ou du noir de fumée. Si l'on veut teindre ou blanchir des écheveaux, on ajoute la marque au lien, de manière à ce qu'il ne se sépare pas, ou bien, c'est le lien lui-même qui reçoit la marque. Lorsqu'on opère sur des étoffes, on appose les marques aux extrémités de la pièce qu'on nomme *chefs*. Il est alors facile de les reconnaître durant toutes les phases de la teinture.

Préparation de la matière textile. Lorsque la pièce à teindre est marquée, les opérations de la teinture peuvent commencer si la nuance est foncée et que la matière soit suffisamment dégraissée ; il faut la décolorer après le dégraissage, si l'on veut obtenir des nuances fraîches et délicates. Ces opérations doivent être précédées elles-mêmes, lorsqu'il s'agit d'étoffes, du rasage ou de l'épluchage du tissu. Il est très-rarement praticable lorsqu'on opère sur des fils.

Le rasage a pour but de faire disparaître les duvets et brins de fils qui rendent le blanchiment inégal, ou qui s'opposent à la régularité des teintes unies dans la teinture ou qui détruisent la perfection de l'impression en se rabattant sous le rouleau pour se relever ensuite, en laissant des parties pour lesquelles elles ont formé réserve ; d'ailleurs, le duvet qui recouvre les étoffes rend les couleurs dont on les charge ternes et sans éclat.

Cet épluchage s'exécute soit par des procédés mécaniques, soit par des procédés chimiques. Le premier se nomme *tondage*, le second *grillage* ou *flambage*. Dans l'un on procède par *ablation*, dans l'autre on procède par *combustion*.

Le tondage peut se faire à la main ; autrefois des femmes nommées *tondeuses* étaient chargées d'enlever, au moyen de ciseaux courbes, toutes les inégalités que présentent sur les tissus les fils quelque bien filés qu'ils aient été ; ce moyen était long, dispendieux, incomplet, car il pouvait y avoir des oublis ou des accidents. On se sert aujourd'hui de machines pour remplacer le travail manuel ; grâce aux perfectionnements dont les *tondeurs mécaniques* ont été l'objet, on fait usage de ces outils, qui n'étaient primitivement employés qu'au tondage des étoffes de laine (voyez LAINES) pour l'épluchage des calicots, madapolams. Nous ne répéterons pas ici la description de toutes ces machines. Nous dirons seulement que quelques étoffes ne sont rasées que d'un côté ; d'autres le sont sur les deux faces ; quelques unes sont tondues en une seule fois ; d'autres enfin le sont à plusieurs reprises, par des passages successifs ; on obtient ainsi, sans entamer l'étoffe, un rasage qui ne laisse ni fils ni duvet.

On peut enlever le duvet des tissus et des fils au moyen de la combustion par grillage et flambage ; on a pu lire à l'article GRILLAGE la description des appareils dont on se sert pour griller et pour flamber les tissus. Dans le grillage on fait passer l'étoffe à griller sur une plaque métallique portée au rouge ; dans le flambage on l'expose à l'action d'une flamme en combustion ; tantôt c'est la flamme d'une lampe à l'alcool ; d'autres fois, c'est la flamme produite par la combustion du gaz d'éclairage. Cette opération s'effectue sans inconvénient pour l'étoffe, parce que les fibres d'origine végétale et d'origine animale ne conduisent la chaleur que très-imparfaitement, et parce que leur destruction ne s'effectue qu'à des températures assez élevées. Nous renvoyons à l'article précité le détail des appareils employés au grillage des tissus et au flambage à l'alcool ou au gaz des étoffes destinées à la teinture.

D'après certains fabricants, il est préférable de ne griller ou flamber les étoffes qu'après les opérations du blanchiment ; ils donnent pour raison que les opérations mécaniques auxquelles sont soumises les étoffes pendant le dégraissage déterminent toujours l'apparition d'un nouveau duvet : quelques-uns pensent que le grillage en cuisant les graisses que l'étoffe contient rend le blanchiment plus difficile et la teinture moins régulière ; des expériences directes ont démontré d'une manière très-claire à M. Persoz que les huiles employées pour le rouge turc, par exemple, se décolorent au contraire plus rapidement après qu'avant le flambage. Toutefois, il faut admettre que le grillage peut être nuisible lorsque, par exemple, les tissus ont été tachés par des sels de fer ou d'alumine ; par la calcination, ces oxydes perdent leur solubilité dans les acides faibles ; ils restent adhérents à l'étoffe ; toutefois, l'alumine a moins d'inconvénients que le fer, qui, dans certains cas, réductible sous l'influence de la fibre, peut lui faire contracter avec certaines matières colorantes une adhérence complète, cause de taches accidentelles.

Les fabricants les plus soigneux commencent par griller les tissus avant de blanchir ; quand le blanchiment est terminé, on donne un rasage au moyen de la tondeuse, et même souvent encore, après ce travail, on fait passer au flambage pour enlever jusqu'aux moindres traces de duvet.

§ IV. BLANCHIMENT

des tissus de lin, de coton, de laine et de soie.

Nous avons traité en détail, à l'article BLANCHIMENT, de cette opération capitale pour la teinture. Nous n'avons pas à y revenir ici, ayant écrit cet article en même temps que le présent travail, et nous étant préoccupé, en l'écrivant, de faire en sorte que l'ensemble formât un tout aussi complet qu'il nous était possible de le faire.

TEINTURE.

§ V. Théorie des phénomènes *de teinture*.

La théorie des phénomènes dont il s'agit a longtemps dépassé le pouvoir de la science, et la teinture était fondée entièrement, jusques dans ces dernières années, sur des recettes empiriques, et cela est encore vrai dans bien des cas.

Il appartient à notre époque, disait avec tant d'autorité M. Dumas, en tête des pages qu'il a consacrées à la teinture, dans son admirable *Traité de chimie appliquée aux arts*, de mettre à sa place cet art si utile, et de le porter au premier rang parmi nos plus belles industries chimiques.

« Il faut, pour obtenir ce résultat, dissiper les nombreux préjugés qui environnent toute industrie marchant au hasard : la science moderne y parviendra peu à peu; elle transformera les recettes qui constituent toute la science du teinturier en règles certaines et invariables, fondées sur une connaissance scientifique des matières colorantes; elle tracera la marche des améliorations; elle écartera les difficultés qui surgissent dans la fabrication; elle ouvrira enfin un nouveau champ aux recherches pour la production de couleurs brillantes et solides.

« C'est à la chimie que la teinture sera redevable de tous ses progrès; et déjà, si l'on jette un regard en arrière de quelques années, on ne peut s'empêcher d'admirer tout ce qu'elle doit sous ce rapport à cette science. Le blanchiment des étoffes, l'application solide de couleurs nouvelles et brillantes, le moyen de les varier à l'infini : tout porte l'empreinte profonde de l'influence de la chimie. »

Ceci est bien plus vrai encore aujourd'hui qu'à l'époque où le savant chimiste écrivait, et les nombreux travaux que nous allons passer en revue le démontreront surabondamment.

Et d'abord qu'est-ce que la teinture?

On désigne généralement sous le nom de teinture l'art qui a pour objet de fixer les matières colorantes sur les fils ou les tissus. Nous répéterons que d'après M. Chevreul on doit préciser cette définition en la modifiant de la manière suivante :

L'art de teindre consiste à imprégner, aussi profondément que possible, le ligneux, la soie, la laine et la peau, de matières colorées qui y restent fixées mécaniquement ou par affinité chimique, ou enfin à la fois par affinité et mécaniquement.

On teint en effet par *imprégnation mécanique*, par *imprégnation chimique* et tout à la fois par *imprégnation chimique et imprégnation mécanique*. C'est l'ensemble de ces trois moyens qui constitue la science du teinturier.

Imprégnation mécanique. — Depuis près de trente ans, on colore dans l'atelier de teinture des Gobelins des fils au moyen de matières qui n'y sont fixées que mécaniquement par adhésion et par interposition. Ce procédé ne donne que des couleurs très-claires ; mais si l'on emploie des matériaux solides, comme le charbon, l'outremer, l'oxyde vert de chrome, pur ou combiné par le feu, du peroxyde de fer, de l'ocre, du cinabre, du phosphate de cobalt, on obtient des couleurs inaltérables, tandis qu'au contraire la production des mêmes nuances par l'affinité chimique ne conduit qu'à des couleurs éphémères. Des soies et des laines, colorées en gris-perle par un mélange d'outremer et de charbon employées en tapisseries pour meubles se sont parfaitement conservées après dix ans d'usage, lorsque quinze jours de soleil auraient suffi pour décolorer les mêmes nuances obtenues par les procédés ordinaires.

Imprégnation chimique. — Les étoffes de coton et les tissus de soie plongés quelques heures dans la dissolution d'un sel de peroxyde de fer se colorent par affinité chimique; elles enlèvent du peroxyde de fer à l'acide ; c'est l'exemple d'une fixation de couleur par affinité chimique; que cette couleur soit végétale, animale, minérale, la coloration s'effectue en raison du même principe.

Imprégnations chimiques et imprégnations mécanique simultanées. — D'autre part, des étoffes avant d'être lavées à grande eau à leur sortie d'un bain ferrugineux, passées dans un bain alcalin, en sortent bien plus foncées qu'elles ne l'auraient été sans l'intervention de l'alcali. Dans ce cas, outre l'oxyde de fer fixé par l'affinité chimique, il y a la portion de cet oxyde qui est adhérent par sou interposition mécanique ; c'est le peroxyde provenant de la décomposition par l'alcali du sel ferrugineux en excès qui pénétrait les fibres textiles quand on les a retirées du bain. Une petite quantité de l'alcali qui se combine à l'oxyde de fer contribue encore à foncer la couleur de l'étoffe.

Tels sont les trois cas principaux qui peuvent se présenter dans les opérations pratiques de la teinture.

On a défini généralement la teinture l'art d'appliquer des matières colorées ou colorantes sur les étoffes, de ligneux, de soie, de laine, par l'intermédiaire d'un corps souvent incolore qu'on nomme *mordant*. Cette définition, qui nous semble devoir être rejetée comme incomplète, est vivement combattue par M. Chevreul qui s'appuie sur les motifs suivants :

1° Elle ne comprend pas le cas ou l'on teint par imprégnation d'une matière qui n'adhère que mécaniquement.

2° Elle ne comprend pas le cas où l'on teint par affinité en plongeant un tissu dans une dissolution ferrugineuse, dans du sulfate d'indigo, dans une cuve d'Inde, dans une dissolution de brou de noix.

3° Elle ne comprend pas le cas où, après avoir combiné du peroxyde de fer à de la cellulose ou de la soie, on la convertit en bleu de Prusse en passant l'étoffe dans un bain de cyanoferrite ou de cyanoferrure de potassium acidulé.

Nous admettrons donc avec l'illustre directeur des teintures des Gobelins que cette définition est trop restreinte, et d'ailleurs, sans proscrire le mot de *mordant*, il ne faut l'employer que comme expression d'atelier dont il est difficile, sinon impossible de donner une explication rationnelle en tant qu'on cherche à la généraliser. Si dans d'autres industries le mot de mordant peut être synonyme de fixatif, ici cette expression devient impropre, car elle ne signifie pas assez; les mordants dans les arts n'agissent en aucune façon chimiquement, leur rôle est basé sur leurs propriétés physiques. En teinture, au contraire, il y a réaction chimique indubitable et leurs affinités spéciales les font choisir dans des cas déterminés. Cette considération nous conduit en effet à considérer les étoffes colorées comme formées par l'adhérence de la fibre avec un composé défini dans la nature, la proportion, l'arrangement des éléments lorsqu'il s'agit d'une teinture dans laquelle l'affinité rassemble plusieurs corps mis en présence. Ce composé peut être binaire comme le peroxyde de fer, ternaire comme la carthamine, quaternaire comme l'indigotine. Il peut être un principe colorant quaternaire comme l'indigotine, ou ternaire comme la carmine, la lutéoline, l'hématine, uni tantôt avec une base, tantôt avec un acide insoluble, tantôt avec un sous-sel ou même un sel neutre.

Dans tous les cas, on comprend que le poids de l'étoffe est toujours très-fort relativement à celui du composé coloré, et comme la première doit conserver sa ténacité, il faut éviter dans la teinture l'emploi de toute pratique qui tendrait à l'altérer dans sa ténacité, son brillant, sa souplesse.

Qu'on admette aujourd'hui qu'il convient de ne plus sacrifier à l'usage, il nous sera bien vite accordé qu'il

TEINTURE.

serait préférable de dire *aluminer*, *enferrer*, *plomber*, etc., les tissus qu'on veut colorer au moyen de la garance, de la gaude, etc., puisque ces expressions ne représentent à l'esprit qu'un fait évident, la fixation sur l'étoffe d'une certaine quantité d'alumine, d'oxyde de fer, d'oxyde de plomb, etc. Quant à l'expression générale de *mordançage*, ne suffirait-il pas de la remplacer par celle de *préparation*, alors il faudrait dire *tissus préparés*, terme générique pour toutes les pièces ayant subi les préparations nécessaires, quelles qu'elles soient, au point de vue chimique, pour les rendre propres à contracter adhérence avec les matières colorantes ou colorées. On s'est servi longtemps, pour désigner la préparation qu'on faisait subir au coton, du mot *animaliser* ; il est inutile de dire que l'usage ne l'a pas conservé.

La science de la teinture, ou, ce qui revient au même, la chimie appliquée à cette industrie doit, ainsi que nous l'avons dit ailleurs, définir les corps nécessaires à toutes les opérations d'atelier, les circonstances les plus favorables à l'action mutuelle des étoffes et des corps mis en contact avec elles, les conditions les plus convenables à l'adhérence complète de la coloration, la nature des produits colorés. Pour faire cette étude d'une manière profitable, utile, il faut attaquer la question dans son ensemble et former des divisions qui satisfassent un esprit logique. « Il est évident, dit à ce sujet M. Chevreul dans son rapport sur les tapisseries exposées à Londres, qu'il n'existe pas de difficultés lorsqu'une étoffe mise en contact avec une matière colorante dissoute dans un liquide la précipite en s'y unissant et formant avec elle un principe insoluble.

« Telle est l'action du sulfate d'indigotine sur une étoffe; il reste sur celle-ci une matière colorante qui résiste à l'eau, c'est du sulfate d'indigotine et non de l'indigotine, puisqu'on peut l'enlever à l'étoffe avec de l'eau alcalisée chaude.

« Telle est encore l'action d'une étoffe sur la solution d'un sel à base de peroxyde de fer ; il se produit, suivant toute apparence, un sous-sel de peroxyde, lequel peut être réduit par des lavages ultérieurs à l'état de peroxyde pur.

« Mais lorsqu'un corps acide, alcalin ou salin, dissous dans l'eau n'est pas dans le cas de laisser un corps coloré sur les étoffes ou que l'eau employée en quantité suffisante peut dissoudre tout le corps coloré qui s'y est fixé d'abord, comment reconnaître s'il y a action mutuelle entre les corps mis en présence? On le peut par une méthode qui consiste à comparer l'état d'une solution acide, alcaline, saline avant et après son contact avec une étoffe donnée. On peut reconnaître alors :

« 1° Que l'étoffe a absorbé proportionnellement plus d'eau que du corps dissous.

« 2° Que le contraire a eu lieu.

« 3° Que la solution est après le contact dans l'état où elle était auparavant. Ce résultat n'est pas un motif de conclure qu'il n'y a pas d'action, parce que, à la rigueur, il peut y en avoir une. Si on la soupçonne, il est nécessaire de répéter l'expérience en employant des solutions faites dans des proportions différentes de celles qu'on a employées en premier lieu. »

Par l'emploi régulier de cette méthode expérimentale, M. Chevreul a constaté qu'une solution aqueuse d'acide sulfurique et d'acide chlorhydrique qui se concentrent sur le ligneux, parce que celui-ci attire proportionnellement plus d'eau que d'acide, devient plus étendue par le contact de la laine et de la soie, celles-ci absorbant plus d'acide que d'eau.

Il a vu qu'il est des sels solubles qui s'unissent aux étoffes par une affinité assez forte pour que l'eau froide cesse d'en dissoudre une quantité sensible aux réactifs, et cependant ces étoffes en retiennent une quantité appréciable. Tel est l'azotate de plomb et la laine. La laine lavée jusqu'à ce qu'elle ne cède plus de sel de plomb sensible à l'acide sulfurique en retient assez pour brunir par l'acide sulfhydrique quand on la plonge dans cet acide.

C'est donc après avoir étudié les actions des acides, des alcalis et des sels sur les étoffes, qu'on pourra déterminer les réactions qui se passeront entre les principes colorants maintenus en dissolution ou précipités au moyen de ces mêmes agents.

La pratique journalière des ateliers a fait voir que sous ce rapport toutes les substances connues colorantes d'origine végétale et d'origine animale se conduisent de manières bien différentes dans leurs rapports avec les fibres textiles.

Dans certains cas il suffit, en effet, pour obtenir une teinture durable, de mettre la matière colorante dissoute en contact avec le fil ou le tissu; nous citerons l'indigotine, la carthamine, la curcumine.

Dans d'autres circonstances les couleurs ne se fixent qu'au moyen de certains agents intermédiaires qui sont nécessaires pour faire adhérer la couleur ; de cette espèce sont la garance, la cochenille, les bois de Brésil et de Campêche, etc.

D'autre part une matière colorante donnée ne se conduit pas de la même manière avec toutes les fibres textiles, et les teinturiers n'ignorent pas que le coton, le lin, la laine et la soie n'offrent pas à la teinture en une nuance donnée la même facilité; de plus les couleurs obtenues n'offrent pas la même résistance.

La force qui détermine entre les deux corps, fibre et principe colorant, une adhérence déterminée n'est donc pas la même pour toutes les fibres. Quelle est la cause de cette adhérence, quelle est la cause de cette inaltérabilité pour celles de ces substances colorées qui jouissent d'une grande solidité? Elle a pendant longtemps et à juste titre été l'objet des préoccupations des hommes éminents qui depuis plus de soixante-dix ans ont voulu jeter sur l'industrie de la teinture les lumières de la science.

Des opinions très-diverses ont été tour à tour admises à ce sujet. Il nous paraît digne d'intérêt de les discuter ici.

Hellot et Lepileur d'Apligny ne voient dans la fixation des couleurs qu'un effet mécanique ; Berthollet, Macquer, Bergmann, M. Chevreul, M. Persoz et d'autres voient dans cette fixation un effet chimique. Nous avons déjà fait sentir qu'il fallait, pour rester dans le vrai, faire la part à chaque influence et reconnaître dans beaucoup de cas la simultanéité des effets physiques et chimiques sur les phénomènes de la coloration des étoffes par voie de teinture. Cette question, de nouveau remise à l'ordre du jour par l'un des plus habiles manufacturiers de l'Angleterre, M. Walter Crum qui semble opiner vers les idées de Hellot et Lepileur, est devenue l'origine de travaux consciencieux et très-importants; tout récemment encore M. Kuhlmann, d'une part, et M. Verdeil, d'autre part, ont présenté des observations que nous mentionnerons en leur lieu et par ordre chronologique.

Opinion de Hellot. — Hellot voit dans la fibre de la laine la cause de l'adhérence; les matières colorantes s'y fixent parce qu'elles pénètrent dans les cavités laissées à l'intérieur des fibres, lorsque ces canaux ont été dilatés par la chaleur; elles s'y trouvent mastiquées ensuite par les astringents qui font presque toujours partie des bains de teinture; elles y sont comprimées enfin par les lavages à l'eau froide.

Opinion de Lepileur d'Apligny. — Lepileur d'Apligny, postérieurement à Hellot, applique à la soie, au lin, au coton même, les théories que le premier savant applique à la laine. Il retrouve dans la fibre textile, quelle que soit son origine, une contexture, une orga-

nisation similaire en tubes ou sacs; et c'est par la plus ou moins grande ténuité de ces tubes ou sacs, c'est par la différence de leur diamètre et de leur longueur, qu'il explique l'énergie variable avec laquelle les fibres de coton, de laine ou de soie s'emparent d'une matière colorante donnée.

Opinion de Dufay et de Bergmann. — Dufay, en 1737, et Bergmann, beaucoup plus tard, en 1776, ont eu recours aux affinités chimiques, pour expliquer la propriété dont jouit une substance colorante de s'unir à telle matière textile, de préférence à telle autre. Bergmann, principalement, dans son travail sur l'indigo, expose nettement que si le sulfate d'indigo se trouve absorbé par la laine en plus grande quantité que par la soie, la cause doit résider dans la différence des affinités des deux fibres pour la matière colorante, puisque dans un cas, pour une même dissolution de sulfate d'indigo, la laine enlève au bain de teinture toutes ses parties colorantes, tandis que, dans le cas de la soie, une partie seulement de la coloration se trouve absorbée.

Opinion de Macquer. — Penchant au commencement de sa carrière scientifique vers les idées de Hellot, Macquer n'hésite plus à déclarer, en 1778, que non-seulement les colorations des tissus tiennent à la quantité de matière introduite dans les pores ou sacs que les fibres présentent, mais qu'elles résultent encore de certains jeux d'affinité puissante entre la matière des fibres elles-mêmes et la matière colorante. Il insiste surtout sur les phénomènes que présentent les couleurs qu'on ne peut fixer que par l'intermédiaire de l'alumine ou de l'oxyde de fer, et qui contractent, par la présence de ces intermédiaires, une solidité presque complète. Toutes les notions fournies par l'empirisme ont été l'objet, de la part de Macquer, d'études plus approfondies que celles qu'on avait tentées avant l'application de la théorie de l'affinité, pour expliquer l'adhérence des matières colorantes aux fibres textiles. Macquer fut conduit, par des observations intéressantes, à poser en principe qu'on recourt à l'emploi de l'alumine, du fer, etc., pour fixer les matières colorantes solubles dans l'eau; mais qu'on s'en dispense, toutes les fois qu'on veut colorer au moyen des substances qu'il désigne sous le nom de matières *résino-extractives,* savoir, les principes colorants du brou de noix, du sumac, du santal, de la racine de noyer, de l'écorce d'aulne; ou bien encore les matières *résineuses,* comme l'indigo, le rocou, l'orseille, le carthame. L'objet de la teinture, dans les idées de Macquer, était de précipiter à l'état de matières insolubles, par l'intermédiaire de l'alumine et du fer, les matières solubles qui, par le contact de la fibre et à l'état naissant, s'y combinaient alors, comme les matières résineuses ou résino-extractives.

Une expérience très-curieuse, et que Maquer cite, semble mettre hors de doute l'importance de l'affinité chimique exercée par les divers tissus, sur une matière colorante donnée; elle nous paraît avoir contribué puissamment à faire intervenir dans l'esprit du savant académicien l'influence des forces chimiques.

« Si, après avoir aluné, autant que possible, 500 grammes de laine et 500 grammes de soie, on les teint ensuite séparément, chacune dans un bain de cochenille, elles prendront l'une et l'autre un cramoisi très-beau et très-solide; mais à quantité de cochenille égale, dans chaque bain, la couleur de la laine aura infiniment plus de plénitude et d'intensité que celle de la soie; cette différence est si grande, qu'on ne peut parvenir à donner au cramoisi de la soie autant d'intensité qu'à celui de la laine qu'en y employant une quantité de cochenille plus que double, c'est-à-dire qu'il faut 76 grammes de cet ingrédient pour donner aux 500 grammes de soie un cramoisi aussi plein que celui que les 500 grammes de laine prennent avec 30 grammes de cochenille. Et l'on ne peut pas dire, avec M. Lepileur d'Apligny, que cela vient de ce que les pores de la soie étant beaucoup plus fins que ceux de la laine, elle ne peut prendre les parties les plus fines de la cochenille, tandis que la laine les prend toutes, parce que ses pores sont plus grands ou plus nombreux; s'il en était ainsi, il devrait rester beaucoup de couleur dans le bain, où la soie a pris tout ce qu'elle peut prendre, et a refusé d'en prendre davantage; or, c'est ce qui n'arrive point; au contraire, il est constant que la soie, à raison de 76 grammes de cochenille par 500 grammes de soie, laisse son bain aussi clair et aussi épuisé de couleur que l'est celui de la laine teinte par 30 grammes de cochenille. »

Il y a donc, dans ce cas, une quantité considérable de carmine à l'état latent; elle l'est, parce que la combinaison de la carmine avec la soie n'a pas la même intensité de couleur que la combinaison correspondante de laine et de carmine.

Opinion de M. Walter Crum. — Tout en modifiant l'opinion de Hellot, M. Walter Crum a remis ou voulu remettre en vigueur les idées de Hellot, en les modifiant toutefois. Nous allons donner, d'après M. Persoz, un aperçu de l'opinion de M. Walter Crum, en présentant, d'après ce même savant, les faits qui permettent de réfuter la théorie du manufacturier anglais.

En s'appuyant sur les anciennes expériences de Th. de Saussure sur le charbon qui peut absorber les gaz sans les dénaturer, en proportions variables, suivant la nature de ces gaz, suivant sa nature propre et sa porosité, M. Walter Crum déclare que plusieurs des opérations de la teinture sont du domaine des actions capillaires décrites par de Saussure, en accordant toute confiance aux observations microscopiques qui ont porté sur les fibres de coton composées, comme on le sait, de tubes creux et transparents. L'hypothèse de la porosité des fibres étant une fois admise, on fixe la base minérale d'une couleur obtenue de la garance, l'alumine ou l'oxyde de fer, par exemple, en la traitant par un acide volatil, l'acide acétique; il se fait une solution qui par le temps, au contact de la fibre dans l'intérieur de laquelle elle pénètre, se décompose en abandonnant l'oxyde et l'acide se dégage; cette solution s'altérerait de même sans le concours du coton. Et si la base reste adhérente, au point de résister à l'action du lavage le plus complet, c'est que l'oxyde déposé dans le tube ne peut plus en être éloigné par des méthodes mécaniques. Postérieurement, le coton préparé par l'immersion dans le sel alumineux est en contact avec le bain de garance. La matière colorante se combine en vertu d'une véritable action chimique.

M. Walter Crum s'appuie, pour établir sa théorie, sur ce que l'on ne pourrait faire dépendre l'adhérence des couleurs de la force d'attraction qui unit les corps atome à atome, sans admettre en même temps la désorganisation de l'étoffe; et l'expérience prouve qu'après avoir enlevé la matière colorante par des agents chimiques appropriés, la fibre se retrouve sans altération; elle n'a pas perdu ses propriétés caractéristiques.

Soit à l'œil nu, soit à l'aide du microscope, on découvre que la teinture n'est pas uniforme, que la coloration est accumulée dans l'intérieur des tubes, que la coloration soit jaune, rouge ou bleue. Dans la teinture en bleu par l'indigotine, il n'y aurait pas combinaison, simplement dépôt d'indigo bleu dans l'intérieur des fibres.

M. Persoz répond à ces arguments, en ce qui concerne la décomposition de l'acétate d'alumine, que M. Walter Crum a pris comme exemple que la décom-

position par une surface inerte comme le mica, le verre, est très-faible, tandis qu'au contraire elle est beaucoup plus forte avec l'intervention d'un tissu de coton. D'ailleurs, on a fait une observation capitale qui trouve sa place ici. Lorsqu'on évapore une dissolution d'alun cubique dans une capsule, un verre de montre, par exemple, il se dépose de l'alun cubique. Mais si l'on a fait plonger dans la dissolution un tissu de coton avant l'évaporation, on obtient, indépendamment des cristaux cubiques, des cristaux d'alun octaédrique. Les tissus ont donc enlevé, sans autre influence, une certaine quantité d'alumine. Quant à ce qui concerne l'existence des sachets, sacs ou canaux, et leur remplissage par l'oxyde, on n'en comprend pas bien la possibilité, puisque dans l'impression les sels d'alumine sont appliqués visqueux et épais. Sous cette forme, ils ne chassent que bien imparfaitement l'air dont les tubes sont remplis. L'objection prend une gravité plus grande encore en présence de ce fait, qu'on apprête avec l'empois d'amidon, auquel on ajoute une certaine quantité de sulfate de cuivre, les pièces qu'on veut teindre en bleu de cuve, afin d'économiser une portion d'indigo. Dans ce cas, l'apprêt devrait être un obstacle à la teinture, car il remplit les pores des fibres; il paraît au contraire les favoriser.

A ce fait nous pouvons ajouter plusieurs faits analogues. Lorsqu'on veut obtenir le rouge turc, on commence par saturer de préparations huileuses les toiles à teindre; on les plonge ensuite dans des compositions astringentes, comme une décoction de noix de galle, de sumac, etc., avant de faire intervenir le sel d'alumine qui doit s'emparer de la matière colorante de la garance.

Lorsqu'on dépose à la surface d'une toile de coton du sulfate de plomb, qui est, comme on le sait, insoluble dans l'eau, ce sel ne contracte aucune adhérence à la fibre; mais on peut le fixer par un simple passage dans l'eau de chaux. Le sel n'a pu cependant pénétrer dans les pores de la fibre, en devenant soluble.

Enfin, beaucoup de couleurs qui n'ont avec les étoffes que peu d'adhérence, même quand on les présente avec certaines préparations, s'y fixent avec une grande énergie lorsqu'on fait intervenir l'oxyde d'étain. Cet oxyde, de même que les corps gras et les corps astringents dont on fait usage dans la fabrication du rouge d'Andrinople, ne devrait-il pas, s'il n'y avait pas d'autre action que celle du corps vésiculaire, gêner la coloration, loin de la favoriser?

Dans le cas de couleurs imprimées, le microscope fait voir que la surface seule est teinte; et ce qui prouve qu'il en est ainsi, c'est que la couleur disparaît encore par l'emploi des rongeants épaissis. Si la couleur avait pénétré les fibres, l'acide épaissi pourrait-il, en s'introduisant dans les cellules, dissoudre la matière colorante? Il y a, d'ailleurs, une limite dans l'épaisseur à laquelle il convient d'appliquer la couleur; trop d'épaisseur donne une nuance qui manque d'éclat et de transparence.

Telles sont les preuves que M. Persoz oppose aux idées de simple action capillaire : il formule lui-même sa pensée, qui ne s'éloigne peut-être que par les expressions de celle de M. Chevreul, dont le nom se retrouve chaque fois qu'on parle de teinture; c'est celui de tous les chimistes modernes qui, par ses fonctions aux Gobelins, devait le plus approfondir cette étude intéressante. Ses travaux sur ce sujet sont devenus classiques.

Opinion de M. Chevreul. — D'après l'illustre académicien, les *phénomènes de teinture* se rapprochent de ceux qu'on considère comme dépendant des forces moléculaires, causes de l'action chimique; il démontre que ces phénomènes sont du nombre de ceux que l'on

constate, lorsque deux ou plusieurs corps sont en contact, et que leur combinaison ou juxtaposition s'effectue d'une manière lente. Nous n'insistons pas puisque nous avons déjà mentionné l'art de la teinture d'après la définition même de cet illustre savant.

Opinion de M. Persoz. — M. Persoz, formulant sa pensée, déclare que la fixation des couleurs sur les étoffes n'est due qu'à l'attraction. Pour arriver à cette démonstration, il établit quelques considérations générales sur la fixation des matières colorantes, puis il passe en revue les principaux phénomènes d'attraction, dans le double but de faire remarquer les différences qu'ils peuvent offrir, et de découvrir ceux qui présentent le plus d'analogie avec la fixation de telle ou telle couleur. Nous empruntons à son traité de l'impression, presque textuellement, l'exposé qu'il fait lui-même de son opinion.

« Le règne organique et le règne inorganique, le premier surtout, fournissent un grand nombre de substances qui possèdent la propriété de teindre les étoffes, soit qu'elles constituent des couleurs par elles-mêmes, soit qu'elles entrent comme éléments dans des composés colorants plus compliqués; mais pour recevoir une application, ces substances simples ou composées doivent réunir, si ce n'est par elles-mêmes, du moins par l'intervention de corps convenablement choisis, deux qualités essentielles : la première, celle d'*être insolubles ou peu solubles*; la seconde, celle de *résister le plus possible à l'action destructive de l'air et des rayons solaires*. La première de ces qualités est indispensable, car vient-elle à faire défaut, il y a coloration de l'étoffe, mais il n'y a pas teinture, dans l'expression restreinte du mot; un simple lavage à l'eau suffit pour faire disparaître la couleur. La seconde ne l'est pas au même degré, puisqu'elle dépend de la stabilité qu'on désire donner aux couleurs déposées sur le tissu.

« L'indigotine, la carthamine, la curcumine, le peroxyde de fer, l'oxyde de chrome, le sulfure d'arsenic, le sulfure d'antimoine sont des matières colorantes par elles-mêmes. Quand on interroge l'expérience sur les moyens de les faire adhérer aux tissus, au point qu'ils fassent corps avec eux, on trouve qu'il est de toute nécessité ou de former ces corps sur l'étoffe même, en mettant en présence de celle-ci les éléments qui les constituent, et dont un, au moins, doit être soluble, ou, si ces couleurs sont préalablement formées, de les faire entrer dans une combinaison soluble dont on imprègne le tissu pour les mettre ensuite en liberté, de telle sorte qu'elles soient en contact immédiat avec lui, lorsqu'elles passent de l'état soluble où elles se trouvent dans leur combinaison, à l'état d'insolubilité qui leur est propre, lorsqu'elles sont isolées. »

L'indigo blanc est soluble; l'air le transforme ensuite en indigo bleu qui n'est plus soluble. La couleur rouille s'obtient au moyen du sulfate de protoxyde de fer, qui se décompose à l'air, en formant de l'oxyde de fer hydraté. La carthamine et les sulfures d'arsenic et d'antimoine se préparent aussi sur l'étoffe même. Pour toutes les autres matières colorantes, le principe est donc le même; la garance, dont le principe colorant est soluble, n'est fixée qu'à l'état de laque.

Les bois de teinture et l'acide chromique doivent être déposés sur l'étoffe à l'état de sel soluble, puis précipités; il n'y a proprement dit d'adhérence que lorsque le composé se forme sur la fibre même. L'usage a fait passer en loi que la fibre est imprégnée d'abord du corps qui présente pour le tissu le plus d'affinité. On opère la décomposition par le corps qui en présente le moins. S'il y a peu de différence entre l'affinité des deux éléments pour la fibre, on fixe indifféremment l'une ou l'autre. Pour teindre en noix de galle et fer, on plonge sans grand avantage l'étoffe dans la noix de

galle, pour la décomposer par le sel de fer, ou bien, on commence par *enferrer* l'étoffe pour l'*engaller* ensuite.

Nous devons donc distinguer dans tous les cas deux phases successives dans les phénomènes de la teinture :

1° Formation du principe colorant, résultant de l'action chimique analogue à celle des décompositions parfaitement connues.

2° Fixation de la couleur, c'est-à-dire coloration, adhérence de la matière qui vient d'être formée. Ces deux phases ne peuvent être confondues.

A quelle classe de phénomènes chimiques comparerons-nous les phénomènes qui déterminent l'adhérence ? Dans quel cas se forme-t-il une combinaison ? Nous pouvons admettre trois circonstances particulières.

A. Lorsque deux corps dont les particules sont en présence présentent des propriétés physiques très-éloignées, les composés qui résultent de leur combinaison ont des propriétés très-différentes de celles des éléments constitutifs. Les phénomènes dont il est question ici sont toujours accompagnés de dégagement de chaleur.

B. Mais lorsque les corps qu'on met en présence n'ont que des propriétés très-analogues, les phénomènes qui se produisent à leur contact ne semblent capables de déterminer autre chose qu'une juxtaposition immédiate des corps en présence. A cet ordre d'idées nous rapporterons les cristallisations par voie d'attraction des sulfates isomorphes, des aluns et des silicates. Nous nous représentons la puissance de cette force par la superposition de lames d'alun de chrome sur des cristaux d'alun d'alumine, et par l'adhérence que présentent les deux faces juxtaposées.

C. L'attraction capillaire permet d'expliquer une troisième série de métamorphoses considérées sous le point de vue de l'adhérence à laquelle elles conduisent. On sait que le charbon absorbe les gaz en raison de la nature du gaz sur lequel on opère ; la quantité de gaz absorbé varie avec la pression sous laquelle a lieu l'expérience et la température que possède le charbon. D'autres substances possèdent aussi le même pouvoir. Les gaz sont condensés souvent sous un poids considérable ; dans ces conditions, ni le gaz, ni le charbon n'ont été chimiquement altérés.

Ayant à choisir entre ces trois ordres de phénomènes, M. Persoz explique l'adhérence des matières colorantes aux tissus de soie, de laine et de coton par une juxtaposition immédiate et simple de la couleur sur la fibre ; il s'appuie sur de nouveaux faits, la superposition par exemple d'une couche d'indigo et d'oxyde de fer sur une étoffe donnée ; l'expérience prouve que la couche a pris d'autant moins d'adhérence qu'elle a pris plus d'épaisseur.

« Si l'adhérence dépendait des pores, toutes les substances insolubles devraient pouvoir être logées dans ces pores, le sulfate de baryte, comme le chromate de plomb, le carbonate de baryte, comme l'oxyde de plomb, l'oxyde de zinc comme l'alumine et l'oxyde d'étain. Or, l'expérience prouve-t-elle qu'il en soit ainsi ? Ne démontre-t-elle pas, au contraire, que les uns, tels que le sulfate et le carbonate de baryte, le sulfate et le carbonate de chaux, n'adhèrent jamais à la fibre, quelles que soient les conditions dans lesquelles on les place, tandis que les autres s'y combinent avec la plus grande facilité ? Dans l'opinion que nous soutenons, ces différences de résultat n'ont rien d'extraordinaire, puisque les dimensions des équivalents des corps n'étant plus les mêmes, ne présentant pas tous des faces semblables à celles de la fibre, ils n'ont pas une égale aptitude à y adhérer.

« Il est d'ailleurs un fait qui nous semble justifier l'influence de la dimension et de la forme de la molécule dans la fixation des matières colorantes : c'est que parmi les oxydes métalliques, ceux qui se combinent aux tissus avec le plus d'énergie et dans les conditions les moins différentes sont précisément les hydrates des trois oxydes isomorphes, alumine, oxyde de fer, oxyde de chrome. »

Toutefois je ferai remarquer que cet argument ne saurait être présenté d'une manière absolue, car on trouve dans les oxydes de plomb et d'étain, dont le volume atomique diffère beaucoup du volume de l'alumine et de l'oxyde de fer, une tendance souvent considérable pour faire adhérer les couleurs.

Dans tout ce qui précède nous avons vu qu'on n'avait pas fait intervenir comme cause de l'adhérence la composition chimique des fibres textiles. Les différents rapports qu'on observe entre l'hydrogène, l'oxygène et le carbone de la cellulose provenant du lin, du chanvre et du coton, et ces éléments pris dans la laine et la soie ont paru sans influence sur l'affinité que ces diverses substances produisent à l'égard des matières colorantes ; néanmoins on a cru pouvoir attribuer à l'azote un rôle plus actif accrédité dès l'origine dans l'esprit des premiers chimistes qui se sont occupés de cette question. Macquer, entre autres choses, avait écrit :

« Ce qui paraît résulter de plus général de ces détails particuliers, c'est que la laine et même toutes les matières d'origine animale sont de toutes les substances qu'on peut teindre celles qui se prêtent le mieux aux opérations de la teinture, que le fil et toutes les matières d'origine végétale sont au contraire celles qu'il est le plus difficile de teindre, celles qui prennent le moindre nombre de couleurs et de plus qui les prennent les moins belles et les moins solides ; enfin que la soie et les autres substances qui paraissent tenir le milieu entre les matières purement animales et celles qui sont purement végétales tiennent aussi le milieu à cet égard dans les opérations de la teinture. »

Partant de cette idée, quelques teinturiers ont considéré, dans la teinture en rouge d'Andrinople, l'emploi des fientes et des bouses comme devant introduire dans le coton un principe azoté, comme capable de lui communiquer une sorte d'animalisation. Cette théorie dut être abandonnée lorsqu'on apprit à remplacer dans la pratique ces bains animalisés par des liquides, tels que les dissolutions de silicates ou de phosphates alcalins. D'autres preuves contre la doctrine de l'animalisation sont fournies par M. Kuhlmann dans son travail remarquable sur la teinture des matières textiles modifiées par l'introduction de la vapeur nitreuse dans leurs molécules.

Voici les conclusions intéressantes qu'il a consignées dans les *Comptes rendus* de l'Académie des sciences t. XLII, p. 673 et 711.

Opinion de M. Kuhlmann. — Lorsqu'on transforme en pyroxyle un tissu de coton ou de laine et du coton en laine, et qu'on cherche à teindre les produits qui résultent de la transformation, contrairement à toute prévision, et surtout à la doctrine qui tendrait à faire admettre d'une manière absolue l'existence de l'azote dans la matière à teindre, la pyroxyline se refuse à la teinture. Ce fait résulte des expériences qui suivent et que nous allons exposer d'une manière sommaire.

La pyroxyline, formée par un mélange d'acide nitrique monohydraté et d'acide sulfurique concentré, a été soumise à des opérations pratiques de teinture et d'impression en fabrique, en même temps que les mêmes échantillons de tissu de coton et de lin et les cotons en laine sur lesquels on avait prélevé l'échantillon pour le transformer.

Les échantillons disposés pour l'essai ont été foulés, rincés, lavés à l'eau bouillante, lavés à froid, séchés

et calendrés ; on les a chargés d'une même préparation de fer, d'alumine ou de fer et d'alumine. Ces essais devaient servir à l'obtention de six nuances.

Pour le *noir*, on imprime du pyrolignite de fer à 7 degrés Baumé, épaissi à l'amidon ;

Pour le *puce*, 2 parties de pyrolignite de fer à 10 degrés et 1 partie de pyrolignite d'alumine épaissi à l'amidon ;

Pour le *rouge*, pyrolignite alumine à 8 degrés, épaissi à l'amidon ;

Pour le *violet*, pyrolignite de fer à 1 degré, épaissi à l'amidon ;

Pour le *lilas*, pyrolignite de fer à 1/2 degré, épaissi à l'amidon soluble ;

Pour le *bois*, décoction de cachou avec l'acide acétique mêlé d'un peu de nitrate de cuivre.

Après l'impression, les tissus sont restés suspendus six jours dans la chambre à oxyder froide et six jours dans la chambre à oxyder chaude ; on a dégommé par l'immersion dans un bain de bouse de vache additionné de craie, à 70° pendant 10 minutes, nettoyé, puis dégommé pour la seconde fois dans le même bain, à la même chaleur, nettoyé de nouveau, rincé. La teinture s'est faite simultanément pour tous les échantillons avec de la garancine dans un bain d'eau de rivière légèrement acidulé : on est entré à 35 degrés en élevant progressivement la température de manière à arriver en trois heures à 85 degrés. On a foulé, rincé et nettoyé, puis séché. Les échantillons teints ont été séparés en deux, une moitié blanchie par le chlorure de chaux.

Toutes ces opérations permirent de constater les résultats suivants :

Tous les tissus azotés restèrent excessivement pâles, comparés aux tissus non azotés, malgré la surabondance de matière tinctoriale.

Le tissu azoté, quoique se refusant à se charger de la préparation métallique, semble posséder la propriété de se combiner sans le concours de ces derniers avec une partie de la matière colorante de la garance, à en juger par la nuance jaunâtre qui persiste même après le passage en chlorure.

Ces mêmes faits se sont reproduits avec de la pyroxyline préalablement lavée à l'eau faiblement alcalisée par le carbonate de soude.

La teinture en noir de galle avec le pyrolignite de fer a conduit aux mêmes observations ; les tissus azotés ne prirent que peu de fer et restèrent après la teinture très-pâles en comparaison des tissus de coton et de lin non transformés en pyroxyline.

Quelques teintures en bleu de Prusse sur du coton en laine donnèrent lieu, comme pour la teinture en noir, à la même observation ; le coton pyroxylé ne prit qu'une nuance très-pâle comparativement avec la couleur du coton non pyroxylé. Même résultat avec la teinture du coton en laine en remplaçant la garance par le bois de Brésil.

M. Kuhlmann a voulu voir s'il était possible de restituer au coton pyroxylé sa propriété de se teindre en le ramenant par la méthode de M. Béchamp à son état primitif.

Après avoir fait bouillir la pyroxyline avec du chlorure de fer et l'avoir mis à digérer avec l'acide chlorhydrique, puis lavé, on trouve que le coton dénitrifié reprend, en grande partie du moins, la propriété de recevoir les couleurs. Ces expériences sont donc concluantes ; mais elles ne prouvent pas d'une manière absolue la non-aptitude du coton auquel on assimile de l'azote à prendre les teintures. Dans ce même travail, en effet, M. Kuhlman fait voir que du pyroxyle qui, dans certaines conditions, perd une partie de son principe nitreux, devient plus apte à s'emparer des matières colorantes que le coton dans son état primitif. Ces faits nouveaux résultent des expériences suivantes exécutées sur un coton pyroxylé qui avait perdu, sous l'influence d'une décomposition spontanée, presque les 2/3 de la vapeur nitreuse qu'il contenait à l'état normal.

La teinture en garance, la teinture au bois de Brésil, se fixent par l'intermédiaire de l'alumine, non-seulement mieux que sur le coton pyroxylé, mais avec plus d'éclat et de plénitude que sur le coton non azoté, toutes choses égales d'ailleurs, dans les opérations de préparation et de teinture. L'addition au coton pyroxylé d'une certaine quantité d'un sel de protoxyde de fer détruit la stabilité de la combinaison des vapeurs nitreuses et de la cellulose, et permet de constater que, d'une manière générale, la pyroxyline, en perdant une partie de ses éléments nitreux, non-seulement perd sa résistance à se combiner avec les oxydes métalliques et les couleurs, mais devient même infiniment plus apte à se charger de ces corps que le coton non transformé.

En poursuivant l'étude de ces phénomènes, on observe des relations excessivement remarquables entre l'aptitude que la cellulose présente à la teinture et la nature des modifications qu'on lui fait subir en la mettant en contact avec l'acide nitrique ou le mélange d'acide nitrique et d'acide sulfurique, dans des circonstances telles que la formation de la pyroxyline soit entravée. Ainsi le bois de Brésil communique au coton non azoté préparé par l'acétate d'alumine une couleur rouge violacée. Une immersion de vingt minutes dans l'acide nitrique à 34 degrés, suivie d'un lavage à grande eau, et d'un passage dans une faible dissolution de carbonate de soude avant l'aluminage du tissu, fournit une couleur rouge beaucoup plus nourrie et beaucoup moins violacée que celle que prend le coton dans son état normal. Un effet bien sensible est produit même par l'immersion du coton pendant une demi-heure dans le même acide étendu de deux fois son volume d'eau. Dans ce dernier cas le coton n'est pas sensiblement altéré dans sa solidité.

Les résultats suivants ont une grande importance.

Lorsqu'on traite pour les teindre en bois de Brésil les préparations suivantes, après les avoir lavées à grande eau, passées dans un bain chargé de carbonate de soude, lavées encore et passées dans un bain d'acétate d'alumine, avant bousage et lavage définitif :

N° 1. Coton sans préparation acide ;

N° 2. Coton resté cinq minutes dans un bain acide formé par le mélange de 2 volumes d'acide nitrique à 34° et 1 volume d'acide sulfurique à 66° ;

N° 3. Coton resté deux minutes dans un mélange de 1 volume d'acide nitrique à 34° et 1 volume d'acide sulfurique à 66° ;

N° 4. Coton resté vingt minutes dans un mélange de 1 volume d'acide azotique à 34° et 2 volumes d'acide sulfurique à 66° ;

N° 5. Coton resté vingt minutes dans un mélange de 1 volume d'acide azotique à 34° et 2 volumes d'acide sulfurique à 66° et 1/2 volume d'eau.

On observe que le n° 1 prend une couleur rouge pâle violacée ; le n° 2 prend une teinte rouge moins violette, mais encore assez pâle ; le n° 3 une couleur plus nourrie et plus vive ; le n° 4 une couleur rouge-ponceau, beaucoup plus foncée, assez analogue à celle qu'on obtient avec la pyroxyline décomposée ; enfin le n° 5 prend une couleur rouge foncée d'une couleur extraordinaire, la plus belle nuance obtenue dans tous ces essais.

Ainsi ces expériences prouvent d'une manière évidente qu'une immersion dans un mélange d'acide nitrique et d'acide sulfurique donne de très-belles couleurs écarlates, et que le mélange qui convient le mieux renferme 1 volume d'acide azotique à 34°,

TEINTURE.

2 volumes d'acide sulfurique à 66° et 1/2 volume d'eau.

L'orseille et la cochenille ont été de même essayées avec la préparation d'alumine ; on a fait ces essais avec :

N° 1. Coton immergé vingt minutes dans un bain d'acide nitrique ou d'acide azotique 2 volumes, 1 volume d'acide sulfurique ;

N° 2. Coton plongé 20 minutes dans un bain de 1 volume acide nitrique et 1 volume acide sulfurique ;

N° 3. Coton plongé 20 minutes dans un bain de 1 volume d'acide nitrique et 2 volumes d'acide sulfurique.

On observe : 1° pour les essais faits au moyen de la cochenille, avec le n° 1, une teinte giroflée pâle peu différente de celle obtenue avec le coton sans préparation ; pour le n° 2 une teinte beaucoup plus foncée, et pour le n° 3 une coloration au moins double de celle de l'essai précédent.

On observe, pour les essais faits au moyen de l'orseille, des colorations violettes dont l'intensité se trouve en rapport avec les résultats fournis par la cochenille.

Lorsqu'on se sert de garancine, comme matière tinctoriale, un bain d'acide nitrique seul donne sur coton une nuance un peu plus jaune, mais égale en plénitude à celle qu'on obtient sur le coton qui n'a pas reçu d'immersion dans l'acide; 2 volumes d'acide azotique et 1 volume d'acide sulfurique donnent la même nuance, mais plus foncée; 1 volume d'acide azotique et 1 volume d'acide sulfurique fournissent une nuance très-foncée, qui rappelle celle du rouge d'Andrinople avant l'avivage ; 2 volumes d'acide azotique et 2 volumes d'acide sulfurique fournissent une coloration très foncée, légèrement jaunâtre. Enfin, 1 volume d'acide azotique, 2 volumes d'acide sulfurique, 1/2 volume d'eau donnent une couleur rouge très-vive et beaucoup plus foncée que les précédentes.

La laine, la soie, les plumes, les crins, traités, comme le coton, par les acides que nous venons d'indiquer, offrent la même aptitude à se teindre par la garancine, l'orseille, la cochenille, la décoction de Brésil, et les avantages qu'on retire de l'action des acides, au point de vue de la richesse et de l'intensité de la nuance, sont des plus remarquables. L'acide nitrique étendu de cinq fois son volume d'eau fournit déjà des avantages très-marqués

Malheureusement, au point de vue pratique, les fils et les tissus sont profondément altérés par ces immersions acides ; ces observations ne sauraient donc être, au moins quant à présent, utilisées dans l'industrie. Il n'y a d'espoir d'en tirer parti qu'autant que la matière colorante peut appartenir au groupe des substances qui se forment et s'appliquent au moyen de l'acide nitrique. L'acide picrique, par exemple, qui ne se fixe pas sur le coton, même par l'intervention de l'alumine, donne des nuances très-nourries, lorsque le coton est traité par le bain acide. L'acide agit alors comme matière colorante et comme intermédiaire ; il sert à produire des nuances composées, soit en donnant des bains d'acide picrique, soit en le mêlant aux autres couleurs, après les préparations métalliques qui servent à fixer la matière tinctoriale. Ces couleurs composées, très-vives et très-éclatantes, sont plus particulièrement applicables à la teinture sur laine et sur soie ; dans la teinture sur coton, l'acide nitrique fixé altère à la longue la couleur, et la fait virer au jaune. Dans tous les cas, les composés nitrés auraient des inconvénients dans la pratique, par suite de la grande combustibilité que possèdent les tissus, lorsqu'ils ont été traités par l'acide nitro-sulfurique.

Les expériences qui précèdent, et sur lesquelles nous avons cru devoir insister parce qu'elles sont nouvelles et parce qu'elles pèsent d'un grand poids dans la question qui nous occupe, semblent donc conduire à des résultats qui peuvent réduire à peu de chose l'influence de la contexture des fibres dans les opérations de la teinture.

M Kuhlmann formule lui-même son opinion de la manière suivante :

« Si l'on ne peut faire dépendre la fixation des couleurs d'un principe à application constante, celui par exemple qui reposerait uniquement sur la composition de la matière à teindre ; si, comme le démontre M. Chevreul, cette aptitude procède souvent aussi des propriétés particulières de la matière colorante elle-même, se fixant mieux sur telle ou telle étoffe, on peut établir dès aujourd'hui, que la composition chimique du corps à teindre a la plus grande influence sur cette fixation, que les teintures sont de véritables combinaisons chimiques, et que les effets dus à la capillarité et à la structure particulière de la matière filamenteuse ne sont que secondaires. »

Ces expériences me paraissent démontrer, d'une manière évidente, que l'adhérence ou la fixation des couleurs dépend, en grande partie du moins, d'une action chimique entre les matières colorantes et les étoffes dans leur état naturel, ou ces étoffes diversement modifiées, soit par leur combinaison avec d'autres corps, soit par un arrangement moléculaire particulier de leurs principes constitutifs. Elles me semblent prouver plus que les arguments de M. Persoz, qui sépare l'action chimique proprement dite de l'action d'adhérence, cette dernière n'étant produite que par juxtaposition

On peut, du reste, prouver que, dans le cas de l'intervention de l'acide nitrique, cet acide n'agit pas comme corps se mettant en liberté, pendant l'opération de la teinture. En effet, les tissus nitrés à différents degrés ne perdent pas après la teinture leur grande combustibilité, pas plus sous ce rapport que la pyroxyline elle-même. D'ailleurs, d'une part, les étoffes pyroxylées ne prennent pas plus de coloration dans les bains à réaction acide que dans les bains à réaction alcaline ; d'autre part, la pyroxyline, spontanément décomposée, attire bien plus énergiquement que le coton naturel les couleurs quelles qu'elles soient, dans l'une comme dans l'autre circonstance.

Peut-on attribuer à de simples modifications moléculaires les modifications remarquées sous l'influence des intermédiaires, dans l'aptitude des fils et tissus à fixer les matières colorantes et former avec elles de véritables combinaisons chimiques? M. Mercer a fait voir, il y a quelques années, que les tissus de coton donnaient dans l'impression et la teinture des couleurs beaucoup plus nourries, lorsqu'on les plongeait dans une dissolution concentrée de soude caustique, avant toute application de sel métallique. On n'a voulu voir dans ce fait qu'un seul rapprochement des fibres dont l'étoffe est composée ; mais il est plus vraisemblable d'admettre une action chimique dont l'existence n'est pas liée d'une manière absolue à la présence des alcalis caustiques, potasse ou soude. L'altération des tissus de coton par le chlore, par l'acide chlorhydrique et par l'acide fluorhydrique, ne modifie en rien l'aptitude à fixer les matières colorantes. Au contraire, les acides phosphorique et sulfurique concentrés agissent d'une manière très-efficace pour ajouter à la plénitude et à l'éclat de la teinture. Sous l'influence de ces acides, la cellulose, comme nous l'avons dit, se modifie ; elle prend un aspect translucide, par suite d'une transformation moléculaire qui concourt à la production d'une certaine quantité de dextrine et de glucose. La composition de la cellulose ne subissant même aucune altération, n'est-on pas en droit de croire aux changements possibles dans les aptitudes relatives à la teinture présentées par deux substances isomères? Cette dernière manière d'interpréter les faits dans ces

TEINTURE.

conditions est formulée par M. Kuhlmann, dans son travail (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XLIII, p. 900 et 953). « Un arrangement moléculaire nouveau peut conduire à des combinaisons chimiques nouvelles ; et le résultat d'une plus grande intensité de couleur dans la teinture, sans être expliqué par l'état purement physique de la matière, par une espèce de contraction des fibres du coton ou du lin, doit être attribué de préférence à des combinaisons chimiques différentes.

« La teinture repose essentiellement sur une combinaison chimique entre la matière colorante et la matière textile naturelle ou diversement combinée ou modifiée ; l'état physique de cette matière n'intervient dans le phénomène que d'une manière accessoire.

« Il est, d'ailleurs, difficile de distinguer ce qui appartient à l'affinité chimique proprement dite de ce qui est le résultat de la cohésion ; ce qui, dans la teinture du charbon, par exemple, procède des propriétés chimiques de ce corps de ce qui est le résultat de sa porosité.

« Dans la plupart des cas, les deux actions réunies concourent au même but et se confondent en quelque sorte. »

On le voit ici : la définition de la teinture, telle que nous l'avons donnée d'après M. Chevreul, conduit forcément à reconnaître un ensemble de phénomènes complexes, et M. Kuhlmann, partisan éclairé de l'action chimique, fait néanmoins la part de l'action mécanique. Là, en effet, est la vérité. Tous les auteurs qui se sont occupés dans ces derniers temps de la théorie de la teinture sont d'accord sur ce point, et s'ils semblent différer d'opinion, c'est sur la part afférente à chaque action dans l'ensemble du phénomène ; c'est plus, au fond, à cause des termes par lesquels ils représentent l'action que par le principe de l'action elle-même.

Depuis les travaux de M. Kuhlmann, M. Verdeil a réuni de nombreux éléments pour approfondir encore la question. Ce travail important est nouveau, et pour ne pas le tronquer je reproduis ici l'extrait que l'auteur en a donné lui-même dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XLVII, p. 961. Il a pour base des observations qui sont personnelles à l'auteur.

« Si l'on examine au microscope des fibres isolées de ligneux, de soie ou de laine qui ont été colorées par les procédés ordinaires de la teinture, on reconnaît que la substance de la fibre est teintée par pénétration du principe colorant : la fibre est uniformément colorée, transparente ; on n'aperçoit aucune particule colorante insoluble à sa surface, elle est homogène, privée de pores et de canaux. Il faut excepter toutefois les étoffes colorées par le chromate de plomb ou par l'oxyde de chrome qui sont teintes en partie par le dépôt du principe colorant à la surface de la fibre et en partie par pénétration. Dans quelques cas exceptionnels, la soie teinte en noir est colorée par une sorte d'incrustation peu adhérente à la fibre. Cette enveloppe se brise et laisse voir la fibre teinte également par pénétration. En dehors de ces cas particuliers, les fibres textiles teintes sont constamment colorées par pénétration du principe colorant et par son union intime sur la substance même de la fibre.

« Les procédés employés dans la pratique pour colorer les étoffes varient suivant la nature des tissus. En effet, tandis que les fibres d'origine animale, laine et soie, s'emparent des principes colorants en dissolution dans un bain de teinture dans lequel entre un sel métallique faisant l'office de *mordant* [1], le ligneux, au contraire, placé dans les mêmes conditions, ne fixera pas trace de couleur.

« Pour que du coton, du fil ou du chanvre puisse se colorer de manière à ce que ni les lavages à l'eau ni le frottement n'enlèvent la couleur, il faut de toute nécessité que le principe colorant soit rendu insoluble lorsqu'il a pénétré la substance de la fibre. La laine et la soie semblent, au contraire, posséder une véritable affinité pour les principes colorants mélangés avec des mordants.

« Dans le but d'expliquer ces phénomènes de coloration, j'ai étudié l'action des sels d'alumine, de fer, d'étain, employés comme mordants sur les étoffes de laine et de soie. J'ai constaté que ces substances d'origine animale possédaient la propriété de fixer une certaine quantité de la base du mordant avec lequel on les mettait en contact. »

Cette propriété est commune à toutes les substances azotées, albumine, musculine, etc., qui constituent les tissus du corps des animaux.

Par l'incinération de l'étoffe de laine ou de soie mordancée, on retrouve dans les cendres, soit le fer, soit l'alumine, soit l'étain, à l'état d'oxyde.

« La quantité de la base ainsi fixée est très-faible ; elle suffit cependant pour déterminer dans l'étoffe et dans l'albumine une coloration intense au contact d'un principe colorant en dissolution avec lequel l'oxyde se combine.

« M. Chevreul a démontré déjà que la soie se charge d'oxyde de fer par son contact avec une dissolution de sulfate de fer. M. Chevreul a observé, en outre, que de la laine et de la soie, par leur contact prolongé avec du peroxyde de fer hydraté, fixaient de l'oxyde de fer, tandis que le coton n'en fixait pas trace.

« Les chiffres suivants indiquent la proportion de cendres que j'ai obtenue par l'incinération des étoffes mordancées :

	En 100 parties.	
Laine mordancée par l'alun.	0,75	cendres.
id. id. id.	0,72	id.
id. le sulfate d'alumine.	0,86	id.
id. l'alun et le tartre.	1,12	id.
id. l'acétate de fer.	0,75	id.
id. le deutochlorure d'étain. . .	1,25	id.
Soie mordancée par l'acétate d'alumine.	0,50	
Soie mordancée par l'acétate de fer. .	1,00	cendres.
id. id. l'alun	0,40	id.
Albumine		
coagulée en présence de l'alun . .	1,30	id.
id. du sulfate d'alumine. .	3,00	id.
Caséine en contact avec l'alun. . . .	2,66	id.

Le ligneux placé dans les mêmes conditions ne fixe pas trace de la base du mordant.

Le produit de l'incinération, dont les proportions sont indiquées plus haut, est presque complétement formé par l'oxyde du mordant. Les cendres de la laine mordancée à l'alun renferment 80 p. 100 d'alumine.

« La faible proportion d'oxyde fixé par les étoffes de laine et de soie mordancées ne semble pas en rapport avec l'intensité de coloration qu'elles acquièrent par leur contact avec un principe colorant formant une combinaison avec l'oxyde qu'elles ont fixé. Aussi est-ce dans la constitution physique de la fibre qu'il faut chercher la cause du degré de coloration qu'elles peuvent acquérir par la teinture.

« Les fibres de la laine et de la soie sont très-transparentes ; les corps colorés transparents n'exigent qu'une très-faible proportion de principes colorants pour paraître d'une couleur foncée vus par réflexion. L'expérience que je vais décrire prouve bien que c'est en vertu de ce principe que les étoffes teintes de laine

[1] Nous conservons ici ce mot, mais comme terme d'atelier. Nous reviendrons bientôt sur la signification de cette expression. Nous n'avons pas voulu changer le texte de l'extrait rédigé par M. Verdeil. A. S.

et de soie possèdent cette coloration intense qui les caractérise.

« De l'albumine coagulée par la chaleur dans de l'eau renfermant du deutochlorure d'étain est colorée ensuite au contact d'une dissolution de cochenille. L'albumine se teint comme une étoffe mordancée ; par la dessiccation, la masse acquiert une teinte grenat foncé. Si l'on broie la masse, la couleur change ; elle devient rouge clair. En continuant de broyer, on obtient une couleur de plus en plus claire, qui arrive au rose. Examinées au microscope, à leurs divers états de division, les particules n'ont subi d'autre modification qu'une diminution de volume. Elles restent toujours transparentes. Ce phénomène ne se produit pas dans un corps coloré opaque dont la couleur ne se modifie pas en suite d'un broiement, même prolongé. »

Cet effet de la transparence dans les corps colorés explique la coloration des tissus qui composent le corps des animaux ; cette coloration déterminée par des quantités très-faibles de sang est due, sans nul doute, à la transparence des chairs.

La transparence des tissus qui composent les pétales des fleurs occasionne également cette intensité de coloration, que la faible proportion de principes colorants qu'elles renferment ne pourrait déterminer dans un corps opaque.

Pour résumer les résultats auxquels l'auteur se trouve conduit, il pose lui-même les conclusions suivantes :

« 1° Les fibres qui composent les étoffes teintes, qu'elles soient d'origine végétale ou d'origine animale, sont colorées uniformément dans leur substance même ;

« 2° Les fibres de la laine et de la soie ont la propriété de fixer directement une certaine proportion de la base des sels métalliques employés comme mordants ;

« 3° La proportion de base fixée par l'étoffe mordancée et par conséquent la proportion du principe colorant retenu par l'étoffe teinte est très-faible. La transparence de la fibre et son diamètre ont une action sensible sur le degré de coloration qu'elle peut acquérir. »

On peut remarquer que M. Verdeil admet qu'il n'y a pas de ligne de démarcation bien nette entre les causes physique, chimique, mécanique auxquelles on peut attribuer les phénomènes de teinture.

Les réflexions que nous avons présentées au sujet des différents mémoires que nous venons d'analyser nous dispensent d'insister davantage et nous conduisent à regarder comme essentiellement complexes les phénomènes dont le teinturier doit s'occuper. Nous y reviendrons d'ailleurs en parlant des intermédiaires connus dans les ateliers sous le nom de mordants ; nous y reviendrons encore en parlant de la solidité des diverses teintes que le teinturier doit savoir produire.

Bornons-nous à rappeler que les phénomènes de teinture sont le résultat d'effets multiples et qu'il faut représenter l'adhérence de la couleur à la fibre :

1° Par pénétration, par voie de capillarité ;

2° Par juxtaposition, par voie de contact et de cohésion :

3° Par combinaison, par voie d'affinité chimique.

Dans tous les cas, la transparence de la fibre n'est pas sans jouer un rôle dans le degré de la coloration.

§ VI. Des préparations générales

auxquelles on soumet les fibres en vue des opérations de la teinture.

Mordants. — Nous avons vu que parmi les matières colorantes les unes s'unissaient directement aux laines, aux fils, aux tissus qu'elles pouvaient teindre immédiatement, que d'autres au contraire n'étaient capables de prendre d'adhérence aux fibres textiles qu'autant qu'on faisait usage de certaines matières auxiliaires, comme quelques oxydes, certains corps gras qu'on nomme *mordants* et qui fonctionnent comme intermédiaires.

Jusqu'à ce jour on a donné le nom de mordant à toute substance qui jouit de la double propriété de s'unir d'une part aux tissus, d'autre part aux matières colorantes. Si nous posons ici comme principe, que nous développerons plus loin, que les substances colorables ou colorées se combinent aux oxydes métalliques pour former des composés insolubles, il semblerait que tous les composés oxydés pourraient remplir le rôle de mordants et devenir par conséquent la base des principes colorés plus ou moins adhérents aux tissus. Il n'en est cependant pas ainsi ; nous ne pouvons, en effet, citer que quelques oxydes qui jouissent de cette faculté parmi les substances d'origine minérale. Quant aux corps d'origine organique, nous ne trouvons que quelques corps gras modifiés et quelques principes organisés.

Parmi les oxydes métalliques, ceux qui possèdent au plus haut degré la propriété de rendre adhérentes les couleurs, matières colorables ou matières colorées, nous ferons remarquer que les plus énergiques, l'alumine, l'oxyde de fer, l'oxyde de chrome sont isomorphes, qu'ils ont le même volume pour leur équivalent, qu'ils passent de l'état soluble dans les acides à l'état d'oxydes insolubles avec dégagement de chaleur, etc.

C'est ici le lieu de bien définir le terme de mordant en usage dans les ateliers. Emprunté sans aucun doute à l'industrie décorative, si la préparation dans laquelle on plonge l'étoffe à teindre n'avait d'autre effet que de fixer la couleur comme le fait le mordant, par exemple, dans la dorure sur bois, ce terme pourrait être entendu sans commentaire ; mais les phénomènes de la teinture sont loin d'être aussi simples, et nous ne pouvons admettre le mot mordant que comme terme d'atelier abréviatif au même titre que le mot degré centésimal quand il s'agit de définir une température. Nous avons dit qu'il est impossible de ne pas considérer l'étoffe teinte comme une agglomération de molécules composées dans laquelle on doit faire intervenir souvent avec modification chimique la fibre elle-même, le mordant proprement dit et la matière colorante. Si donc nous adoptons le terme de mordant, c'est avec la restriction que nous lui donnons ici et seulement pour représenter un effet, sans prétendre en aucune façon en expliquer la cause. Le *mordant* ne rend pas la couleur adhérente toujours de la même manière ; il n'agit pas non plus toujours d'une même façon identique ; dans certains cas il ne fait éprouver à l'étoffe que des changements de nuances qui tiennent à la nature des réactions acides ou basiques en présence desquelles ont lieu les phénomènes de teinture ; les modifications peuvent encore dépendre du volume des sels métalliques employés ; quelques exemples fixeront les idées : dans un bain de cochenille une étoffe préparée par l'alumine prendra une nuance lilas, tandis qu'une étoffe préparée par l'oxyde de plomb se colore en rouge. L'hydrate d'étain et l'hydrate d'alumine passés dans un bain de cochenille donnent des rouges différents, tirant au violet dans le premier cas, tirant sur le jaune dans le second cas. Ces exemples démontrent l'importance sur la nuance de la combinaison chimique qui prend naissance. L'action peut être encore beaucoup plus compliquée. Les préparations ferrugineuses font subir au composé coloré des altérations préalables ; il est remarquable que la garance donne avec les sels de fer une couleur très-foncée ; on prépare de la sorte des violets intenses qui sont presque noirs.

Dans les opérations de la teinture, la préparation dont on charge les étoffes et les tissus a la plus grande

influence sur les résultats de l'opération. Nous insisterons donc ici sur un grand nombre de points, et, nous plaçant au point de vue le plus général, nous considérerons les mordants dans leur rôle, pour obtenir non-seulement les teintes unies, mais aussi les impressions en couleurs. L'impression sur étoffe fait usage, en effet, des opérations de la teinture proprement dite, pour produire une grande variété de dessins, par la méthode des réserves ou des enlevages appliqués par voie d'impression. Il convient ici de remarquer que l'impression n'a d'autre but que d'apposer rapidement et mécaniquement les dessins qui ne pourraient être déposés à la main qu'avec une grande lenteur et beaucoup de dépenses. Les faits mécaniques ont été traités à l'article IMPRESSION; nous ne saurions établir de distinction entre les phénomènes chimiques qui se passent dans une teinture unie et dans la teinture imprimée.

Nous devons avant tout considérer le rôle chimique que la préparation doit jouer après son adhérence à l'étoffe. Supposons donc qu'au lieu de poser de l'hydrate d'alumine sur un tissu donné, nous ayons appliqué de l'alumine calcinée. L'expérience, d'après ce que nous connaissons des propriétés de l'alumine, prouve que le dépôt n'est pas capable de se colorer. Si, d'autre part, après avoir appliqué l'alumine hydratée, on la dessèche lentement ou rapidement, on trouve dans les tissus préparés des propensions bien différentes à se laisser teindre en garance, par exemple. Dans un cas, la coloration sera brillante et colorée; dans l'autre, la nuance sera faible et terne. Il y a donc, indépendamment de la nature chimique de la préparation, des circonstances spéciales qui correspondent à des états physiques particuliers indispensables au succès de l'opération, et sur lesquelles il convient de porter notre attention; nous allons le faire, en nous occupant des diverses préparations métalliques ou organiques qu'on fait subir aux fils comme aux tissus, pour les rendre propres à la teinture.

Préparations aluminées.

L'aluminage d'une matière textile s'opère avec des matières qui contiennent de l'alumine, et dans lesquelles cette alumine joue des rôles bien différents, tantôt acide, tantôt basique.

Préparations dans lesquelles l'alumine joue le rôle de base. — Les sels d'alumine sont très-nombreux; mais ils ne sauraient tous être employés au même titre : les uns, insolubles, se détacheraient au moindre choc, au moindre frottement; les autres, solubles, ne possèdent pas au même degré la propriété de céder aux tissus de l'alumine hydratée, conservant une énergie chimique suffisante pour se combiner à la matière colorante.

On remarque parmi les sels alumineux solubles trois sortes différentes, dont l'action se résume de la manière suivante :

Les uns sont basiques ou peuvent le devenir, en abandonnant une portion de leur acide; ils n'ont besoin, pour céder aux tissus une partie de leur base, que du simple contact avec l'étoffe : ce sont l'acétate d'alumine, l'alun cubique, l'oxalate, le butyrate, le formiate et l'hyposulfite d'alumine;

Les autres sont acides ou neutres; dans quelques-uns, l'alumine se dépose avec ses propriétés caractéristiques, lorsqu'on sature l'acide par une base, ou dès qu'on opère par une double décomposition la formation d'un sel basique analogue à ceux dont nous avons parlé tout à l'heure; de ce nombre, sont le sulfate, le séléniate, le chlorate, le bromate, le nitrate, le chlorure et l'alun octaédrique;

Enfin, quelques sels d'alumine sont remarquables par le rôle de la base qui semble y être *masquée;* elle ne se dépose pas sur les tissus avec l'adhérence nécessaire à la teinture. A ce dernier ordre appartiennent le tartrate, le citrate et le malate d'alumine.

Les deux premiers groupes de sels alumineux conviennent très-bien pour l'aluminage des tissus; on agit soit directement, soit indirectement; dans un cas, le tissu s'empare de l'alumine, sans autre intermédiaire que le jeu de l'affinité de la fibre pour l'alumine; dans l'autre, au contraire, il faut faire intervenir un sel convenablement choisi, pour précipiter la base, tantôt en totalité, tantôt en partie seulement.

Tous les sels que nous venons de nommer offrent dans la pratique des avantages et des inconvénients sur lesquels il est bon d'être fixé. Il convient de les passer en revue.

Le nitrate d'alumine et le chlorure d'aluminium agissent surtout lorsqu'on met en liberté l'alumine par un passage dans un bain alcalin; cependant le chlorure se décompose spontanément au contact de la fibre; on ne peut néanmoins en faire usage qu'autant qu'on ne teint pas le coton, le lin et le chanvre; car s'il n'attaque pas la soie par l'acide chlorhydrique qui se trouve mis en liberté, les fibres d'origine végétale sont attaquées sensiblement; c'est surtout dans l'impresssion que cette action est à redouter.

L'oxalate d'alumine ne cède pas toujours sa base. Au moment de sa préparation, il est privé de cette propriété; c'est à ce point même, que l'acide oxalique peut être employé dans certains cas, pour enlever aux tissus l'alumine déposée, lorsqu'on veut obtenir une réserve blanche par voie d'*enlevage sur mordant*. Mais par suite d'un contact prolongé ou par l'exposition à la température de 100°, l'oxalate subit une métamorphose qui le transforme et le rend apte à céder de l'alumine aux tissus sur lesquels on l'appose.

Le plus répandu des sels auxquels on emprunte l'alumine est l'alun; l'usage de cette matière, qui ne donne une bonne préparation que lorsqu'elle renferme un excès de base, ne s'est répandu depuis l'époque la plus reculée que parce que le sel naturel est précisément dans ce cas : au reste, on rend l'alun ordinaire aussi convenable pour cet usage que l'alun naturel, en ajoutant un peu de natron ou de carbonate de soude. On peut même en mettre assez, pour précipiter un excès d'alumine, à la condition de redissoudre le précipité d'abord formé par une addition de vinaigre. C'est ce que l'industrie a pratiqué pendant fort longtemps. L'intervention de l'acétate de plomb paraît tout européenne; mais il est impossibile de préciser la date de cette innovation et de dire qui la mit en pratique pour la première fois.

Les mordants d'alumine sont très en usage dans l'impression; on leur fait alors surtout quelques additions. Dans l'origine, on ajoutait à l'acétate de plomb de l'acétate de cuivre, du sel marin, de l'acide arsénieux, du sulfure d'arsenic, de la craie, du sel ammoniac; l'état d'ignorance dans lequel étaient ceux qui s'occupaient de teinture avait sans doute fait introduire, dans les mélanges destinés à l'aluminage des étoffes, des substances inertes; mais on ne saurait refuser à certaines d'entre elles plusieurs avantages, soit pour prévenir l'adhérence de l'oxyde de fer dont la présence devait nuire à la pureté des nuances de la garance, soit pour maintenir l'étoffe, avant la teinture, dans un état d'humidité nécessaire pour conserver de l'alumine déposée dans de bonnes conditions.

Maintenant on se sert exclusivement d'alun octaedrique; et si dans certains cas ce sel, en se fixant sur l'étoffe qu'on met en présence de l'eau chaude, en contact avec une matière colorante, forme un sous-sel d'alumine et de principe colorant, il peut se faire aussi que l'alun subisse une décomposition plus avancée, ne laissant adhérente à l'étoffe qu'une combinaison d'alumine et de principe colorant. Cet effet a toujours

TEINTURE.

lieu, lorsqu'on passe une étoffe alunée ou colorée dans une eau légèrement alcaline. On obtient donc constamment une bonne préparation, en partant de l'alun, lorsqu'on sature, par une quantité convenable d'acétate de plomb, de chaux, de baryte, de strontiane, une partie de la base : on obtient de la sorte, par une double décomposition, des sulfates plus ou moins insolubles et de l'acétate d'alumine en quantité proportionnelle. On peut faire usage encore d'acétate de potasse, d'ammoniaque, de soude, qui ne font naître aucun trouble dans la liqueur, ou des carbonates d'ammoniaque, de potasse et de soude, à la coudition de ne les ajouter qu'en proportion convenable, pour opérer la transformation de l'alun octaédrique en alun cubique.

Nous pouvons réduire à trois les principaux composés dont on se sert pour aluminer les tissus. Les voici :

Alun.	40ᵏ,00	— 27ᵏ,00	— 20ᵏ,25
Cristaux de soude.	4 ,00	— 2 ,70	— 2 ,28
Acétate de plomb.	40 ,00	— 20, 20	— 13 ,50

On commence par introduire dans un baquet l'alun finement pulvérisé ; on y verse la quantité d'eau chaude nécessaire pour opérer la dissolution ; on ajoute à la liqueur le carbonate de soude, puis enfin on verse l'acétate de plomb. L'effet se produit instantanément ; on obtient du sulfate de plomb qui se précipite immédiatement ; on agite, puis on attend le refroidissement. Il n'est pas indifférent d'ajouter le carbonate de soude avant ou après la précipitation ; dans le premier cas, il sature l'alun, en formant de l'alun cubique ; dans le second cas, il se porte sur l'acide acétique et forme des acétates de potasse et de soude. Une telle préparation est basique, et plus ou moins déliquescente.

Lorsque le dépôt s'est effectué lentement, on décante la partie claire qu'on conserve séparément dans des vases de verre ou de grès. Les eaux de lavage des dépôts servent à faire des *mordants faibles* ou d'autres préparations des mêmes mordants.

On n'est pas obligé de séparer les dépôts de sulfate, lorsqu'on doit épaissir la préparation. Comme le sulfate de plomb ne prend d'adhérence avec la fibre textile que lorsque les tissus qui l'ont reçu sont plongés dans une eau de chaux, sa présence n'a pas d'inconvénient ; il devient alors un puissant élément d'économie, puisqu'il permet de réduire la proportion de l'épaississant (gomme, fécule ou amidon).

On pourrait avoir une seule préparation qui servirait de base aux compositions faibles ou fortes, dont on peut avoir besoin dans des circonstances données. Jusqu'à présent, les fabricants préfèrent en avoir plusieurs qui diffèrent par leur densité, c'est-à-dire par les proportions d'alun et d'acétate de plomb employés pour les obtenir. L'usage n'est pas d'ailleurs ici basé seulement sur la routine. Dans le cas des impressions, il n'y a que peu de cas où l'on ait besoin d'une préparation plus forte que les préparations d'une densité moyenne, et d'autre part, les sels chargés d'acétate d'alumine se décomposent spontanément à la longue, en abandonnant du sous-acétate d'alumine en proportions variables, ce qui jette la perturbation dans les dosages primitifs.

On commence à faire usage aujourd'hui, d'une manière à peu près générale, du sulfate d'alumine pour les compositions propres à l'aluminage des tissus, et surtout pour préparer les *mordants rouges*. Ce sel se prépare en grand pour les besoins de l'industrie. La composition moyenne des bonnes livraisons de M. Pommier, de Paris, quai de Jemmapes, contient :

Eau.	52	—	théoriquement.
Alumine.	14	100	100
Acide sulfurique. .	34	236	234,4

Pour préparer le mordant rouge, en partant de ce sel, on prend 110 parties d'une dissolution de sulfate d'alumine marquant 30° Baumé, si l'on opère à chaud, 33° si l'on opère à froid ; on y ajoute 100 parties d'acétate de plomb dissous dans 30 parties d'eau ; on obtient alors une dissolution très-concentrée d'acétate d'alumine, marquant 15 à 16° Baumé.

Dans quelques fabriques, on remplace l'acétate de plomb par le pyrolignite de même métal. Mais on peut substituer à ces deux sels les acétates de baryte, de chaux et de strontiane, de soude, de potasse et d'ammoniaque ; jusqu'à ce jour, on n'a tiré parti que de l'acétate de chaux ; la réaction qui donne naissance à l'acétate d'alumine est la même dans les deux cas, et cette dernière méthode est éminemment économique. L'oxyde de plomb qui entre dans la composition du sel employé représente plus des 2/3 de la valeur du produit. Il est à peu près complétement perdu, puisqu'on se sert actuellement du sulfate de plomb, seulement comme produit accessoire, pour frelater les chromates de plomb et la céruse. L'emploi des acétates de chaux offrirait encore cet avantage dans l'impression sur étoffe, qu'il laisserait un résidu de sulfate de chaux, qu'on n'éloignerait pas, et qui pourrait permettre un épaississage économique.

M. Kœchlin a proposé depuis longtemps un mordant qu'il est regrettable de ne pas voir employer plus généralement. On neutralise une dissolution d'alun par le carbonate de potasse, jusqu'à ce que les flocons refusent de se dissoudre par une nouvelle agitation ; on porte à l'ébullition la dissolution saturée, pour former le sulfate alumineux basique qu'on recueille et qu'on traite par l'acide acétique, qui le dissout très-bien. On obtient de la sorte une composition alumineuse des plus simples et des plus fidèles. Si, dans la fabrication de ce mordant sur une petite échelle, on perd le sulfate de potasse et une partie de l'alun qui s'échappe avec les eaux mères, cet inconvénient n'existe pas dans une préparation en grand, puisqu'on retrouverait dans la fabrication de l'alun tous les éléments qui ont une certaine valeur.

Lorsque le commerce pourra fournir de l'hydrate d'alumine d'une composition constante et facilement soluble dans l'acide acétique, on l'utilisera pour produire directement l'acétate d'alumine, que l'expérience classe tous les jours parmi les meilleurs mordants. Les qualités spéciales de l'acide acétique rendent très-propres aux préparations des tissus les acétates métalliques. Mais quand on fait usage d'acétate d'alumine dans le mordançage, il est convenable de bien faire observer que ce sel demande à ne pas être conservé. Si l'on dissout de l'alumine gélatineuse dans de l'acide acétique, de manière à obtenir une liqueur qui marque 8 à 9° à l'aréomètre de Baumé, et qu'on conserve cette dissolution dans des flacons bien bouchés, on s'aperçoit, au bout de plusieurs jours, qu'il s'est fait un précipité blanc, plus ou moins cristallin, renfermant toute l'alumine, tandis que la liqueur est devenue fortement acide ; Gay-Lussac avait déjà remarqué que les dissolutions d'acétate d'alumine, qui renferment du sulfate de soude ou de potasse, se troublent par la chaleur, mais reprennent leur limpidité en refroidissant. M. Tissier a vu que, même dans le cas de sel d'alumine parfaitement pur, il y a dépôt, et que ce dépôt est formé par un sous-acétate d'alumine, qui ne contient que deux équivalents d'acide acétique.

La décomposition toute spontanée, qui fait que l'alumine dissoute dans l'acide acétique passe lentement à l'état de combinaison soluble, sans qu'il soit nécessaire pour cela de la moindre élévation de température, conduit à l'explication de bien des accidents qui se produisent avec ce composé, dans le mordançage des tissus, lorsqu'on a conservé ce sel pendant plus

ou moins de temps. Au reste, la décomposition est sans contredit singulièrement activée par la présence de la fibre elle-même, qui tend à s'emparer de l'alumine, pour la fixer elle-même. M. Persoz s'étend longuement sur cette décomposition ; elle est mise hors de doute par ses expériences.

M. Kopp a découvert dans les hyposulfites des propriétés semblables à celles que nous venons de distinguer dans l'acétate d'alumine ; aussi cette circonstance permettra-t-elle de substituer dans bien des cas ces derniers sels aux acétates dans la préparation des mordants. En effet, de même que les acétates, les hyposulfites sont généralement solubles dans l'eau ; leur acide est extrêmement faible et ne peut même pas exister à l'état libre, puisqu'il se dédouble immédiatement en acide sulfureux et en soufre, qui tous deux sont sans action corrosive sur la fibre végétale et animale ; enfin les hyposulfites à base de sesquioxydes sont généralement décomposés et les bases mises en liberté par la simple dessiccation.

Les hyposulfites de chaux et de soude sont les sels au moyen desquels se préparent ces nouveaux mordants. L'hyposulfite de chaux s'obtient très-économiquement en faisant réagir dans un appareil barboteur l'acide sulfureux provenant de la combustion du soufre ou des pyrites sur du sulfure ou de l'oxysulfure de calcium. La solution, évaporée avec précaution et à une douce chaleur, fournit des cristaux d'hyposulfite de chaux contenant 6 équivalents d'eau. La solution d'hyposulfite de chaux, décomposée par le carbonate ou le sulfate de soude, donne, par la concentration, des cristaux d'hyposulfite de soude contenant 5 équivalents d'eau.

En ajoutant à des solutions de sulfate d'alumine ou d'alun les hyposulfites de soude ou de chaux, on obtient de l'hyposulfite d'alumine. C'est une liqueur claire, limpide, qui ne s'altère que lentement au contact de l'air. Bouillie ou évaporée à siccité, elle dégage de l'acide sulfureux et donne un résidu d'alumine, de sous-sulfate d'alumine et de soufre.

Pour préparer une toile en alumine, on n'a donc qu'à l'imprégner de solution d'hyposulfite d'alumine et à la faire sécher. Toute l'alumine se trouve fixée. Le dégagement d'acide sulfureux, qui pour les toiles de coton est, à la vérité, un inconvénient assez grave, pourrait au contraire devenir avantageux lorsqu'il s'agit de tissus de laine ou de soie. L'hyposulfite d'alumine présente cette circonstance favorable, qu'il empêche jusqu'à un certain point la fixation du fer que peuvent contenir l'alun ou le sulfate d'alumine, surtout si l'on ne prolonge pas trop le séchage après l'application du sel ; cela provient de ce que le fer ne peut se fixer sur la fibre textile qu'à l'état d'oxyde ou de sous-sel ferrique et de ce que l'hyposulfite ferrique n'existe pas. Dès qu'un sel ferrique se trouve en présence d'un hyposulfite, le sel ferrique est réduit à l'état de sel ferreux, et il en résulte évidemment qu'aucune parcelle de fer ne peut se fixer sur le tissu, tant qu'il existe encore dans la dissolution la moindre quantité d'hyposulfite d'alumine non décomposée. Ce n'est qu'après que l'alumine s'est complétement fixée, après que l'acide hyposulfureux libre a disparu en se décomposant, que le fer pourrait s'oxyder à son tour et se combiner à la matière textile.

Si l'on veut préparer un mordant d'hyposulfite d'alumine épaissi à l'amidon ou à la farine, il faut commencer par préparer de l'hydrochlorate d'alumine sirupeux en décomposant du sulfate d'alumine ou de l'alun par du chlorure de calcium basique, filtrant et évaporant fortement la liqueur. Par le refroidissement, celle-ci laisse cristalliser du sel ammoniac ou du chlorure de potassium, et les eaux mères, renfermant surtout de l'hydrochlorate d'alumine, sont ensuite évaporées de nouveau à une température voisine de 100°, jusqu'à ce qu'elles se recouvrent d'une pellicule assez consistante.

C'est cette matière qu'on incorpore à froid dans de l'empois d'amidon ou de farine ; ensuite, à la couleur épaisse on ajoute une quantité d'hyposulfite de soude telle que les 2/3 ou les 3/4 de l'hydrochlorate d'alumine soient transformés en hyposulfite d'alumine.

Préparations dans lesquelles l'alumine joue le rôle d'acide. — Dans un certain nombre de préparations alumineuses, l'alumine fait fonction d'acide. M. Hausmann, et bien longtemps avant lui M. Macquer, s'était servi de ces composés pour déposer sur les calicots l'alumine nécessaire à l'adhérence de certaines couleurs. En Angleterre même, on en fait une application sérieuse sur une très-grande échelle pour l'impression des étoffes au moyen du rouleau. On sait que l'alumine se dissout dans la potasse ou la soude pour former des aluminates alcalins solubles, qui se décomposent ensuite sous l'influence d'un acide, de l'acide carbonique de l'air, par exemple, en régénérant de l'alumine. Industriellement, les tissus imprégnés d'aluminate alcalin sont exposés dans l'air ; la potasse ou la soude se saturent peu à peu pour mettre l'alumine en liberté ; on arriverait assurément plus vite au résultat qu'on veut obtenir en faisant passer l'étoffe dans des étuves chargées d'air saturé d'acide carbonique préparé par la combustion de mauvais combustible, ou d'acide acétique dissous dans une grande quantité d'eau.

D'après M. Wagner, non-seulement les aluminates alcalins peuvent être employés, mais on peut faire usage des aluminates de magnésie, de zinc et de fer ; on obtient aussi sur tissu la fixation simultanée de deux matières dont l'adhérence doit concourir à l'obtention d'une nuance donnée.

Il est très-rare que la méthode ordinairement employée permette de saturer complétement toute la potasse ; aussi passe-t-on la pièce dans un bain de sel ammoniac ; la base alcaline s'empare du chlore et l'alumine et l'ammoniaque deviennent libres sans former de combinaison ; la première se fixe à l'étoffe, tandis que la dernière reste en dissolution dans l'eau ou bien se volatilise. L'expérience a prouvé que ce dernier moyen n'offre pas tous les avantages qu'on est tenté d'en attendre, et qu'il est de beaucoup préférable de charger l'air d'acide carbonique artificiel. L'alumine mise en liberté par le chlorhydrate d'ammoniaque n'offre en aucune façon le brillant de celle qui se dépose lentement.

Les préparations d'alumine sont employées seules ou mélangées avec d'autres préparations pour rendre les tissus aptes à se teindre avec certaines matières colorantes, qui sans ces intermédiaires ne contracteraient pas avec les fibres textiles une adhérence convenable : nous citerons la garance.

Préparations ferrugineuses.

De même que les sels qui contiennent de l'alumine, les substances qui renferment de l'oxyde de fer ne peuvent servir de préparation aux tissus qu'autant qu'on les amène à l'état soluble et qu'elles abandonnent ensuite à la fibre, soit spontanément, soit sous l'influence d'agents convenablement choisis, une portion notable d'oxyde doué de propriétés efficaces. A quel état convient-il que le fer soit mis en contact avec l'étoffe pour qu'il la prépare dans les conditions les plus avantageuses ? Le fer présente plusieurs états d'oxydation dans les divers sels que le commerce nous offre. Or, l'expérience a fait connaître qu'il n'y a pas d'altération de la matière textile toutes les fois que le protoxyde de fer hydraté déposé sur un tissu passe lentement à l'état de peroxyde de fer et qu'il n'a pas perdu, par une trop grande cohésion, son affinité pour

ces matières colorantes ; on conserve cette affinité par la précipitation de sous-sels ou de sels neutres insolubles.

On a remarqué que l'acétate de protoxyde de fer était une bonne préparation ferrugineuse, agissant directement sur la fibre, quelle que soit la méthode employée pour sa préparation. Néanmoins, d'après M. Schlumberger, auquel on doit des expériences intéressantes sur ce sujet, le sel préparé par l'acide pyroligneux est préférable toutes les fois qu'on applique la préparation à la planche, parce qu'il y a contact de l'air plus prolongé ; l'acétate de fer pur doit être préféré toutes les fois qu'on fait usage de rouleau, c'est-à-dire dans toutes les conditions dans lesquelles on travaille rapidement et dans les genres pour lesquels les pièces doivent être dégorgées immédiatement. De plus, il convient que l'air n'ait pas peroxydé le fer dans l'acétate ferreux ; cependant cette manière de voir ne saurait s'appliquer à tous les sels de fer, car le sulfate de peroxyde de fer donne, quel que soit le temps depuis lequel on l'a conservé, des colorations en rapport avec la force de la dissolution ; le sulfate de fer peroxydé paraît même préférable au sulfate de protoxyde pour obtenir avec la garance des tons violets, pâles ou foncés, comme aussi pour les noirs.

Lorsqu'on se sert, comme préparation ferrugineuse, d'acétate de fer, l'expérience conseille d'appliquer de préférence le sel sur le tissu ; il s'y décompose peu à peu et forme un sel basique qui s'oxyde à l'air. Or, dans cette circonstance, il faut prendre certaines précautions pour éviter l'altération de la fibre. On n'ignore plus actuellement, surtout d'après les expériences de M. E. Schwartz, que la fibre s'oxyde elle-même lorsqu'elle se trouve en contact, au moment de l'oxydation, avec une matière avide d'oxygène.

Cette action de l'oxyde de fer peroxydé sur les matières organiques ne saurait être mise en doute. M. Kuhlmann a démontré la conversion de l'essence d'amandes amères en benzoate à 100° dans un tube scellé, sous l'influence du sesquioxyde de fer ; la réduction de cet oxyde par du glucose, du sucre et des analogues ; son action sur les extraits d'un grand nombre de bois colorants. MM. Paul Thenard et Hervé Mangon ont apporté leurs preuves, et M. Hervé Mangon pense que les phénomènes se produisent en vertu de la présence, dans la réaction, d'un certain sel produit sans doute par un acide probablement identique avec l'acide crénique qui réduit spontanément le sesquioxyde de fer.

Quoi qu'il en soit de cette explication, le rôle des sels de fer est incontestable ; et parmi les expériences les plus curieuses qu'on puisse citer, nous relaterons celle dans laquelle M. Wurtz de Washington a démontré que la dissolution de sel de peroxyde de fer pouvait blanchir les dissolutions bleues d'indigo, les solutions de tournesol, de campêche et de cochenille qui sont détruites par le perchlorure de fer. Dès 1840, M. Dumas expliquait la formation de l'encre par l'oxydation du fer aux dépens de l'acide gallique ; les observations de M. Persoz et de M. Barreswil ont confirmé cette théorie.

M. Kuhlmann a répété l'expérience sur la décoloration de l'indigo par les sels de peroxyde de fer ; ce transport de l'oxygène n'est pas sans inconvénient pour la solidité de l'étoffe ; qu'on l'admette par *entraînement*, c'est-à-dire par l'oxydation simultanée de la fibre et de l'oxyde, lorsque l'oxyde de fer protoxydé se transforme en peroxyde, ou par une succession d'oxydations séparées s'attaquant à la fibre et résultant de la réduction de l'oxyde de fer, ce qu'il y a de certain, c'est que la fibre elle-même est sous l'influence d'une propriété comburante qu'on peut attribuer à l'oxyde de fer Cette dernière interprétation peut s'expliquer à la façon de ces phénomènes qu'on désigne sous le nom de *combustion du sang*.

Dans leurs rapports avec la teinture, ces phénomènes ont été étudiés par Schlumberger. Il résulte de ses recherches sur l'impression en noir des faits qui doivent être pris en sérieuse considération et qu'on peut étendre à la teinture proprement dite ; comme on le dit généralement, le noir a le défaut de *brûler* les tissus :

1° L'altération de l'étoffe n'a lieu généralement que sur des échantillons traités par des dissolutions concentrées ; rarement des étoffes préparées avec des dissolutions marquant 4 degrés Baumé sont altérées par la teinture.

2° L'acétate ferreux altère le tissu, mais beaucoup plus lorsqu'on l'emploie pur que lorsqu'on le fait servir avec une addition d'acétate de plomb en excès.

3° L'addition des fécules et de l'amidon s'oppose à l'altération ; elle est augmentée d'ailleurs par l'exposition à la radiation solaire, et nulle, au contraire, toutes choses égales d'ailleurs, pour une exposition à la lumière diffuse, ou dans l'obscurité.

4° Dans tous les cas l'affaiblissement du tissu se développe dans les premiers jours de l'oxydation, de telle sorte que le 21e jour un tissu quelconque a perdu de sa ténacité tout ce qu'il doit perdre par le fait de l'oxydation.

Suivant qu'on fait passer les échantillons en bouse à la température de l'ébullition ou à celle de 50°, suivant qu'on les plonge ou non, à la sortie du bain de bouse, dans un bain de chlorure de chaux, on observe des signes d'altération plus ou moins avancée : faible pour un bousage à 50 degrés non suivi d'un passage au bain de chlorure, elle est prononcée pour un bousage à l'ébullition suivi d'un passage au bain décolorant.

L'usage a conduit à mêler aux préparations de fer certains composés, métalliques ou non, dont le but multiple peut se résumer ici en disant qu'ils doivent :

1° Favoriser la fixation de l'oxyde de fer ;

2° Prévenir une oxydation par trop rapide ;

3° S'opposer à la dessiccation trop prompte ;

4° Conserver à l'impression une grande netteté dans le cas où la teinture ne doit pas conduire à des teintes unies.

Au nombre de ces divers composés, nous constatons des sels de cuivre, des huiles empyreumatiques, l'acide arsénieux, du chlorure de zinc, du chlorure d'ammoniaque, du nitrate de potasse, des chlorates de potasse et de soude, du saccharate de chaux, de l'acide oxalique, de l'acide acétique, etc.

L'action des sels de cuivre me paraît obscure, s'il n'est pas possible de la rattacher à l'action directe de la matière colorante sur l'oxyde de cuivre lui-même déposé sur le tissu.

L'acide pyroligneux qu'on préfère à l'acide acétique renferme des matières empyreumatiques qui retardent l'oxydation du fer et s'opposent à l'altération de l'étoffe. Cette différence est importante au point de vue de la teinture en noir.

L'acide arsénieux, qu'on emploie souvent pour teindre en violet et en lilas, remplit ces deux rôles ; d'une part, formant avec l'oxyde de fer une combinaison insoluble, il conserve à cet oxyde les propriétés chimiques de cette base ; d'autre part, il ralentit directement ou indirectement l'oxydation sous l'influence de l'air atmosphérique.

Le chlorure de zinc introduit dans la préparation du noir ne peut pas avoir d'action directe sur les résultats obtenus ; cependant l'oxyde de zinc peut entrer en combinaison avec l'oxyde de fer et former des composés multiples avec la matière colorante. J'ai fait voir que l'oxyde de fer et l'oxyde de zinc se combinent pour former un corps défini d'une couleur ocreuse particu-

lière. L'oxyde de zinc dans tous les cas combat la tendance des matières amylacées à se coaguler.

Le chlorate de potasse, le chlorate de soude, l'azotate de potasse et le sel ammoniac sont surtout en usage pour l'impression à laquelle ils donnent des dessins très-nets. Certains fabricants qui s'en sont servis dans leurs ateliers en ont été très-satisfaits. Hausmann préférait, dans beaucoup de préparations, l'addition de substances capables de dégager de l'ammoniaque.

Le sucre, l'acide tartrique, l'acide citrique ou le jus de citron, le saccharate de chaux sont surtout employables pour les nuances claires, parce qu'il y a précipitation d'une partie de l'oxyde de fer, et parce qu'en outre une partie des bases salifiables se trouve complétement masquée.

Des expériences souvent répétées ont prouvé que, dans la teinture en noir, le pyrolignite de fer ou l'acétate de protoxyde non épaissi produisent, en 6 heures d'exposition à l'air, des couleurs qui, considérées au point de vue de leur intensité, sont aussi vigoureuses que si l'exposition avait duré 21 jours; que des préparations épaissies n'offrent que de légères différences en faveur de ceux qui sont exposés pendant 21 jours, différences qui disparaissent totalement, si l'on expose, durant 10 heures, au lieu de 6 ces mêmes échantillons avant de les teindre; que les préparations dont l'oxydation se fait en 6, jours, en 10 heures ou en 18 heures, donnent toujours à la teinture des nuances plus riches et plus intenses que quand ces préparations ont séjourné à l'air durant 10 jours, et à plus forte raison pendant 21 jours; et que ces différences se font surtout remarquer avec l'acétate ferreux, qui, ne renfermant pas comme le pyrolignite une substance capable d'en retarder l'oxydation, présente toujours des teintes moins favorables : le sel existe sur les fibres à l'état de phosphate de fer ou d'arséniate, suivant qu'on a pris pour le dégommage ou de la bouse de vache ou de l'arséniate double de potasse et de chaux. Ce fait explique comment l'étoffe, chauffée vers 160 ou 180 degrés, pourrait ne pas perdre la propriété de se teindre, ce qui n'arriverait pas avec un simple dépôt d'oxyde de fer peroxydé.

Nous devons admettre que, dans l'opération du mordançage par les sels de fer et par l'acétate de protoxyde, l'oxyde de fer se dépose à l'état d'oxyde ferreux; l'oxydation a lieu sur le tissu; il se forme un acétate basique qui conserve à l'oxyde ses propriétés utiles en présence des matières colorantes, et qui, sous l'influence des sels à bouser, se transforme en phosphate ou en arséniate; l'oxydation doit être lente et progressive, car si l'action est énergique, la solidité de l'étoffe est compromise, et l'oxyde de fer peut passer à l'état isomérique, difficilement soluble dans les acides, et dès lors incapable de fixer les matières colorantes.

Les sels de fer sont acides ou neutres. Les sels acides sont évidemment impropres à la teinture; d'après ce que nous venons de dire, il en est autrement des sels neutres; par leur oxydation, les sels de protoxyde de fer forment un sel qui, pour devenir neutre, exigerait trois fois plus d'acide que le sel primitif n'en contient; il y a donc formation d'un sel basique très-peu stable, apte à céder au tissu quelque peu de base capable à son tour de fixer la matière colorante. On a prétendu, d'ailleurs, que la coloration du sous-sel influait elle-même sur la nuance du tissu. Ainsi les arséniates et les phosphates sont peu colorés, tandis que les sous-azotates sont très-colorés. Cette proposition n'est admissible que dans le cas où le sel de fer est, à lui seul, la matière colorante. Tout porte à croire que, dans le cas d'une teinture proprement dite, les acides arsénique, phosphorique, azotique sont éliminés sous l'influence des lavages convenables, et surtout par les lessivages avec des eaux alcalines; la coloration ne résulte alors que de la combinaison de l'oxyde de fer avec la fibre et la matière colorante.

Il faut une si faible quantité d'oxyde de fer pour modifier les teintes de la garance avec les préparations alumineuses, qu'il convient d'éviter le contact du fer métallique même avec les tissus qui doivent être teints en rouge. Le sulfure de fer et le fer qui se rouille agissent comme mordants ferrugineux, en fixant la couleur.

Les emplois importants qu'on fait aujourd'hui des sels de fer dans l'industrie des toiles peintes ont appelé l'attention des chimistes sur la composition de plusieurs sels, tels que les acétates et les azotates. On doit à MM. Péan de Saint-Gilles, Scheurer-Kestner et Oudemans, des observations intéressantes qui permettent d'expliquer quelques réactions obscures du mordançage au sel de fer.

D'après M. Scheurer, il existe plusieurs azotates de fer.

Quand on traite le fer métallique par de l'acide de 1,034 de densité, le produit dissous contient de l'azotate de protoxyde de fer et de l'azotate d'ammoniaque. Avec de l'acide azotique de 1,073 de densité, le produit soluble est formé d'un mélange d'azotate de protoxyde et de peroxyde de fer accompagné d'azotate d'ammoniaque. Un acide de 1,115 de densité ne fournit que de l'azotate de peroxyde sans formation d'ammoniaque. Avec un acide d'une densité supérieure à 1,115, on forme des azotates de peroxyde, de composition variable avec les circonstances de l'opération. En employant l'acide à 1,332 de densité, pour dissoudre une quantité convenable de fer, on obtient une dissolution de 1,580 de densité, qui dépose, en se refroidissant, de beaux prismes rectangulaires à quatre faces, qui deviennent presque incolores, en les séchant sur du papier buvard; ils contiennent 18 équivalents d'eau, et correspondent à la composition de l'azotate neutre de peroxyde de fer. Ils se décomposent à la chaleur avec la plus grande facilité; à 50°, il s'en dégage déjà des vapeurs acides; pendant l'ébullition, il se dépose un sel basique insoluble.

Le sel neutre peut dissoudre à froid différentes proportions d'oxyde de fer hydraté, et former ainsi des sels basiques à deux et trois équivalents d'acide. L'azotate à deux équivalents d'acide se prépare, par exemple, en faisant dissoudre 100 grammes de cristaux neutres dans de l'eau, précipitant par l'ammoniaque la totalité du fer, et ajoutant encore pour dissoudre le fer oxydé, parfaitement lavé, 200 grammes de cristaux. Pour préparer l'azotate tribasique, on prend 200 grammes de cristaux, qu'on décompose par l'ammoniaque, et qu'on redissout dans 100 grammes de cristaux purs.

Ces trois azotates de fer sont donc solubles, et par l'ébullition ils précipitent des sels insolubles; on les en sépare en étendant d'eau et filtrant. Ces sels sont décomposables à 130°; ils abandonnent de l'acide, pour se transformer en oxydes; ils sont insolubles dans l'acide azotique, mais très-solubles dans l'acide chlorhydrique.

Le sel qui se forme par l'ébullition du sel neutre peut être supposé contenir un équivalent d'azotate tribasique et un équivalent de peroxyde de fer à un seul équivalent d'eau.

Le sel qui prend naissance par l'ébullition d'un sel sesquibasique peut être supposé contenir un équivalent d'azotate tribasique de fer et deux équivalents de peroxyde de fer à un seul équivalent d'eau.

Le sel qui se forme par l'ébullition de l'azotate tribasique peut se représenter par la combinaison de l'azotate tribasique de fer avec trois équivalents de peroxyde de fer hydraté.

Ces sels de fer peuvent donc être employés avanta-

geusement, par suite de la propriété qu'ils possèdent de se dédoubler en sels insolubles par l'ébullition ; il convient, pour expliquer certaines réactions, de tenir compte des propriétés que ces sels présentent encore, et dont on doit l'observation à MM. Scheurer-Kestner.

L'azotate de fer neutre et les deux azotates basiques dont nous venons de parler, renfermés dans des tubes scellés et soumis à la température de l'eau bouillante, sont altérés : les sels basiques deviennent rouge brique ; la dissolution limpide par transparence semble trouble, vue par réflexion. Le sulfate de soude précipite la dissolution. Le liquide, séparé du dépôt, offre la composition de l'azotate neutre. Quant à l'azotate neutre, il n'est pas modifié. Le précipité fourni par le sulfate de soude contient un équivalent d'eau pour un équivalent de fer ; il est soluble dans l'eau pure, mais insoluble dans les acides concentrés. Cette dissolution ne donne pas les caractères des sels de fer avec les ferrocyanures et sulfocyanures.

Ainsi la chaleur exerce sur les deux azotates basiques une action analogue à celle qu'elle produit sur l'acétate de fer, à cette différence près : tandis que l'acétate de fer est décomposé d'une manière complète en oxyde de fer et en acide acétique, les azotates basiques sont décomposés en oxyde de fer et en azotate neutre, ce dernier sel résistant à la décomposition. La lumière agit de même que la chaleur. Aussi faut-il éviter de conserver ces dissolutions basiques qui perdent leur énergie en vieillissant.

Les acétates de peroxyde de fer se préparent facilement, d'après M. Oudemans, en traitant par l'acide acétique concentré (dix fois le poids du fer) le peroxyde de fer préparé par le fer converti par l'eau régale en sesquichlorure de fer précipité par l'ammoniaque ; on fait macérer pendant 10 heures de 50 à 60° et, après un peu de repos, on décante la liqueur claire, on évapore sur des assiettes à 60° ; on obtient de la sorte un produit solide qu'on achève de dessécher pendant quelque temps à 110° et qui représente une composition définie ; il peut ainsi servir comme préparation ferrugineuse très-fidèle dans le cas où le peroxyde de fer doit jouer un rôle actif. Mais il faut tenir compte de certaines circonstances observées par M. Péan de Saint-Gilles.

Les recherches de ce chimiste ont fait voir qu'une dissolution d'acétate de peroxyde de fer, chauffée dans un bain-marie à l'ébullition pendant dix à douze heures, reste transparente par transmission et devient opaque par réflexion ; elle n'a plus de saveur et cesse d'accuser les réactions de l'oxyde de fer, par exemple avec les ferrocyanures. Le sulfocyanure lui-même ne décèle par la plus petite quantité d'oxyde de fer. Les acides précipitent de la liqueur un précipité ocreux, brun, insoluble, dans les acides même concentrés.

L'hydrate de sesquioxyde de fer pur, sous l'influence de l'eau et de l'ébullition, se modifie lui-même peu à peu et acquiert les mêmes propriétés que l'oxyde de fer traité par l'acide acétique et chauffé comme nous l'avons dit plus haut, cet hydrate ne contient que 10 p. 100 d'eau ; de plus il ne possède plus la propriété de devenir incandescent quand il passe de la température ordinaire à la température rouge. Il est, en un mot, dans cet état particulier prévu par M. Persoz et attribué aux oxydes à 3 équivalents d'oxygène quand ils sont impropres à la teinture. L'hydrate modifié ne joue donc plus le rôle de base ; il est isolé et ne joue nullement le rôle de l'oxyde de fer dans les sels ferriques. Ces faits ont une importance réelle pour la théorie de la teinture et pour celle de l'impression, c'est à ce titre que nous les rapportons ici. Il en résulte la nécessité pour les industries qui nous occupent de ne préparer les sels de fer qu'en évitant avec soin une plus forte élévation de température dont on serait tenté de faire usage pour faciliter la dissolution. Nous donnons à cette occasion la méthode employée dans la pratique.

Les acétates et pyrolignites de fer se préparent en grand dans les fabriques d'indiennes ; on utilise, à cet effet, la solubilité du fer métallique dans l'acide acétique ou même dans le vinaigre. L'acide acétique dont on se sert est l'acide pyroligneux. On chauffe à 40 ou 50 degrés de l'acide pyroligneux ou de bon vinaigre, on le verse dans un tonneau sur de la ferraille bien nettoyée et qui plonge complétement dans l'acide ; le tonneau est couvert ; au bout de trois ou quatre jours on soutire par la partie inférieure 40 ou 50 litres qu'on reverse par la partie supérieure et ainsi de suite pendant trente ou quarante jours ; après ce temps, le sel est formé. Si l'on a fait usage de bon vinaigre et que l'opération ait été bien menée, la dissolution qu'on obtient sous le nom de *bain de noir* marque 7 à 8 degrés Baumé, dans le cas contraire, elle ne marque que 6 à 7 degrés ; si l'on a fait usage d'acide pyroligneux, le sel marque 13 à 16 degrés suivant le degré de concentration de l'acide dont on a fait usage.

Ce sel peut s'obtenir encore au moyen d'une double décomposition par le mélange d'une dissolution de sulfate de protoxyde de fer et d'acétate de plomb ; on tire à clair pour enlever la totalité du sulfate de plomb qui forme un dépôt inutile.

Les analogies que présente l'acide hyposulfureux avec l'acide acétique ont conduit à penser que l'hyposulfite de fer pourrait servir de bonne préparation pour la teinture des tissus en couleurs qui exigent le concours du fer. L'hyposulfite de fer se prépare en ajoutant de l'hyposulfite de soude à du sel à base de protoxyde ; ce mordant renferme un corps qui s'oppose à l'oxydation trop vive du métal. Il se fixe un sous-sel après la fibre sans l'altérer sensiblement.

Les préparations ferrugineuses s'emploient soit isolément, soit en mélange avec les préparations alumineuses ; dans le premier cas, elles concourent avec les matières colorantes rouges à la production des lilas, des gris et des violets ; avec les matières colorantes jaunes, elles forment des gris olive et des verts bruns ; avec le secours d'un mélange de matières colorantes jaunes et rouges, elles produisent une foule de nuances intermédiaires depuis le gris clair jusqu'au noir le plus foncé.

Lorsque les préparations ferrugineuses sont associées aux compositions alumineuses, elles fournissent avec les matières colorantes rouges des nuances plus ou moins intenses tirant au noir ; avec les matières colorantes jaunes, des jaunes plus ou moins olivâtres selon qu'il y a plus ou moins de fer ; avec un mélange de matières colorantes jaunes et rouges, des couleurs brunes, feuille morte, bois pourri, qui varient à l'infini suivant qu'on change dans la préparation les rapports de l'alumine à l'oxyde de fer, ou les proportions des matières colorantes jaunes et rouges dont on fait usage pour composer le bain de teinture.

Préparations chromiques.

Les analogies qui rapprochent les oxydes d'alumine et de fer permettent de penser que l'oxyde de chrome peut convenablement préparer les tissus pour les rendre propres à la teinture. En effet, on se sert des sels de chrome pour préparer les toiles qui doivent passer en campêche, en brésil, en garance, en quercitron. Les composés qui servent de base à la préparation chimique sont de nature essentiellement variée ; et comme l'oxyde de chrome forme des sels très-différents, que les uns jouissent de propriétés oxydantes très-prononcées, l'action de ces composés est très-complexe, car elle peut se porter tout à la fois sur la fibre animale ou végétale et sur la matière colorante elle-même ; il peut y avoir combinaison de l'étoffe avec l'oxyde de chrome à l'éta

de sesquioxyde et oxydation de la matière colorante, puis adhérence par nouvelle combinaison entre la couleur et l'étoffe modifiées toutes les deux. Généralement on admet que le bichromate de potasse agit dans la teinture en oxydant la laine; on peut combattre cette opinion par une série d'expériences :

1° En faisant réagir sur le tissu du permanganate de potasse à chaud ou à froid, ou du ferrate de potasse, et constatant que cette laine (qu'on considère comme oxydée par la réduction de l'acide métallique), teinte au bain de campêche avec le chlorure d'étain, ne prend pas la même couleur que sous l'action du bichromate;

2° En soumettant le tissu à l'action d'une dissolution bouillante d'acide chromique pur, ce qui lui donne une teinte verte (par le fait de la réduction de l'acide chromique, conséquence, selon les autres, d'une oxydation de la laine), et démontrant que par la teinture, la laine prend la couleur bronze, au lieu du bleu, qui est la couleur produite par le bain du chromate employé à la manière ordinaire.

Selon MM. Blockey et Sugden, le bichromate en nature se fixerait sur le tissu (c'est du moins ce que les auteurs pensent, d'après la couleur jaune que prend la laine); et ce serait à la faveur de cette préparation de bichromate de potasse que se ferait la teinture.

M. Barreswill regarde comme probable que dans le mordançage par le bichromate, qui le plus souvent est acidulé, il y a une légère destruction du tissu, par le fait de la réduction partielle de l'acide chromique, et qu'il se forme un oxyde intermédiaire de chrome qui reste fixé sur la laine, pour être ultérieurement réduit par l'oxyde d'étain, et transformé par suite en sesquioxyde de chrome, susceptible de s'unir à la matière colorée pour former un sel simple de chrome ou peut-être un sel double stanno-chromique. L'idée d'oxydation du tissu paraît être abandonnée.

M. Boutarel, chef d'une importante maison de teinture à Clichy, n'admet pas complétement cette manière de voir : car une étoffe préparée par le bichromate de potasse, et plongée dans un bain de campêche et de chlorure d'étain, prend une couleur bleuâtre, qui, si le bain est assez concentré, finit par devenir rougeâtre.

Pour obtenir une couleur avec du bichromate et du campêche, on doit mordancer en bichromate d'abord, laver, puis teindre en campêche. En mettant ensemble le colorant et le bichromate, on ne peut teindre. La première expérience faite pour prouver que le bichromate n'a aucun effet oxydant lui paraît avoir bien peu de valeur; car on semble conclure que si le bichromate agissait comme oxydant, il devrait donner la même teinte que les oxydes de fer et de manganèse. Or, ces trois oxydes, teints en campêche, donnent des tons très-différents : on doit conclure que la teinture, dans tous les cas, peut être considérée comme résultant de la formation d'une molécule très-complexe.

Lorsqu'on mordance une étoffe en bichromate de potasse, et qu'on la teint ensuite dans un bain de campêche suffisamment concentré, on obtient du noir, soit qu'on ait empêché la réduction de l'acide chromique en ajoutant de l'acide nitrique dans le bain de mordançage, soit qu'on ait, au contraire, favorisé la réduction, en y ajoutant de l'acide sulfureux. Dans le premier cas, l'étoffe est jaune; dans le second cas, elle est verte; mais elle donne toujours du noir dans un bain de campêche suffisamment concentré. Pourtant, c'est dans le premier cas que la teinture s'opère le plus facilement. Du reste, voici une expérience qui prouve encore le même fait.

On mordance un morceau de laine dans un bain de bichromate de potasse et d'acide nitrique; on le lave, et on l'expose encore humide aux rayons solaires, en cachant la moitié du tissu avec du papier. La partie éclairée devient verte, la partie cachée reste jaune. On

teint ce morceau dans un bain de campêche : la partie jaune prend d'abord une nuance plus foncée que la partie verte, mais bientôt la différence disparaît, et il devient impossible de distinguer les deux moitiés. Ces différences peuvent s'expliquer par les modifications que subit l'oxyde de chrome dans certaines circonstances étudiées par M. Fremy. On pourrait supposer avec M. Barreswill que, dans la teinture en bleu pourpre, le chrome est à l'état d'oxyde (modification rouge ou plutôt violette), et que dans la teinture finale noire, il existe à l'état d'oxyde (modification verte, qui est la plus stable).

Ces observations semblent d'accord avec celles de M. Camille Kœchlin, auquel l'industrie des toiles peintes doit l'application de l'oxyde de chrome. Après avoir constaté que les sulfites alcalins dissolvent l'oxyde de chrome, et qu'un excès d'alcali pur ou carbonaté n'empêche pas la dissolution, et qu'il la rend beaucoup moins stable, M. Kœchlin a tiré parti d'une réaction très-nette de sulfite de soude sur le chromate de potasse. Le sulfite de soude en mélange avec un acide susceptible de déplacer l'acide sulfureux, décomposé par le chromate de potasse, puis rendu alcalin par l'ammoniaque, produit de l'oxyde de chrome; cet oxyde peut, suivant les proportions des divers réactifs qui constituent le mélange, se produire insoluble ou soluble, et affecter les diverses couleurs sous lesquelles il est connu : verte, violette ou rouge.

On prépare le sulfite à 13°, nécessaire pour produire ces réactions, en soumettant des cristaux de soude à l'action de l'acide sulfureux; on obtient des dissolutions qui marquent 41° Baumé, et qui cristallisent quand on neutralise l'excès d'acide; un litre d'une telle dissolution réduit 450 grammes de bichromate de potasse, ce qui correspond à 285 grammes d'acide sulfureux; on la ramène par une addition d'eau, de manière à marquer 13° Baumé.

Avec 100 parties d'une semblable dissolution de sulfite de soude à 13° et

1° 5 parties de chromate acide de potasse, l'ammoniaque en excès produit une dissolution verte;

2° 5 parties de chromate et 2 parties d'acide sulfurique, l'ammoniaque produit une dissolution verte;

3° 5 parties de chromate de potasse et 4 parties d'acide sulfurique, l'ammoniaque donne une dissolution violette;

4° 5 parties de chromate et 8 parties d'acide sulfurique, l'ammoniaque forme une dissolution rouge;

5° 10 parties de chromate et 4 parties d'acide, l'ammoniaque donne un précipité vert;

6° 10 parties de bichromate et 8 parties d'acide, l'ammoniaque forme un précipité violet;

7° 10 parties de bichromate de potasse et 16 parties d'acide donnent un précipité violet rougeâtre.

Il est important que l'acide soit ajouté d'abord au chromate : on ajoute ensuite le sulfite alcalin.

Pour la teinture en campêche, on fait usage d'un mordant de chrome, qu'on forme au moyen de bichromate de potasse additionné de son poids d'acide sulfurique; on ajoute peu à peu une certaine quantité de mélasse ou de dextrine, pour désoxyder l'acide chromique. On prépare l'étoffe à chaud dans ce mélange étendu d'une proportion d'eau suffisante; pour 56 à 60 kilogrammes de coton, on emploie le même poids de campêche et l'oxyde de chrome résultant de la décomposition de 67 grammes de chromate acide de potasse.

On peut employer avantageusement l'alun de chrome pour effectuer le mordançage des tissus. Ce que nous avons déjà dit des propriétés de l'alun ordinaire nous dispense d'entrer ici dans de plus amples détails.

Les sels de chrome sont employés, surtout aujour-

TEINTURE.

d'hui, pour l'obtention des couleurs rabattues; celles qui sont les plus communes sont les noirs dits au chromate.

Les matières colorantes en général n'acquièrent, avec l'oxyde de chrome, que des nuances sales et ternes; celles qui donnent les laques les plus pures sont le quercitron, la garance, le campêche et le brésil.

Préparations stanniques.

L'oxyde d'étain constitue l'une des préparations les plus remarquables employées dans l'art de la teinture. Son usage date au moins de 1630. Il est intéressant de citer ici la composition pour l'*escarlatte* d'Hollande, tirée d'un manuscrit que possède M. Chevreul, qui le doit à l'obligeance d'Adrien de Jussieu, lequel le tenait de ses ascendants. Ces procédés sont tels qu'ils étaient pratiqués en 1666 et 1667 dans la teinturerie fondée par Gobelin. Voici l'extrait que j'emprunte au travail de M. Chevreul sur l'Exposition de Londres, p. 21. L'écarlate à l'oxyde d'étain ne date que de 1630 : on en est redevable à Cornelius Drebbel, Hollandais; elle fut pratiquée sur une grande échelle à Leyde, par Kuffelar, teinturier, gendre de Drebbel, puis importée par un nommé Jean Gluck ou Kloech.

On trouve dans l'ouvrage cité les moyens de faire les *escarlattes rouges dittes de graine,* au moyen de l'*alun,* du *tartre,* de l'*arsenic,* de la graine et du *pastel* d'escarlatte ou *vermillon,* qu'une note marginale définit *vermisseaux qui s'engendrent dans la graine.* On y donne des recettes pour faire le *pourpre oriental* ou *escarlatte d'Hollande,* qui, par les différences qu'elles présentent, prouve que l'on n'était pas encore fixé sur un procédé préférable à tout autre. En effet, dans une recette, on prescrit pour le *bouillon* l'emploi simultané du *tartre,* du *sel armoniac,* de la *farine de poix,* d'*esprits,* de l'*alun,* du *sel gemme,* ou bien, du *sel armoniac,* du salpêtre raffiné, du *tartre,* de la *farine,* de l'alun, des esprits dont on donne des proportions diverses. On prescrit pour la *rougie,* ce qu'on nomme *cocheniller,* la cochenille dite *mestee,* le *tartre blanc,* l'*amidon blanc* et les esprits. Ces recettes sont remarquables, dit M. Chevreul :

1° Par l'absence de la dissolution d'étain dans l'une d'elles; mais comme on opérait dans une chaudière de ce métal fin, c'était le vaisseau qui fournissait l'étain nécessaire à la constitution de la couleur;

2° Par l'emploi simultané de l'alun et des acides; une autre recette intitulée : *La vraye manière de faire l'escarlatte d'Hollande,* prescrit une composition d'eau-forte et d'étain.

Eau forte.	2 livres.
Étain fin d'Angleterre. . .	4 onces.

La dissolution faite, on ajoute ensuite à

Eau.	75 seaux.
Cristal de tartre.	2 livres.

Voilà le bouillon pour un drap de 35 brasses.

Dans la rougie, on emploie

Eau.	75 seaux,

à laquelle on ajoute une dissolution d'étain composée avec

Eau forte.	4 livres.
Étain fin.	8 onces.

On fait chauffer, et quand le bain est sur le point de bouillir, on y met

Cochenille.	67 à 70 onces.

Si l'on veut une couleur rosée, on ajoute 2 livres de tartre.

Pour que la dissolution fût possible dans l'eau forte, il fallait que celle-ci contînt de l'acide chlorhydrique ou un chlorure.

Les sels d'étain sont les seuls qui jusqu'ici donnent à la cochenille la magnifique couleur qu'on connait sous le nom d'écarlate. Nous allons étudier ceux que l'industrie préfère employer.

L'étain forme, comme on sait, deux combinaisons avec l'oxygène; l'une agit à la façon d'une base, l'autre à la façon d'un acide; de là deux modes d'emploi dans l'art de la teinture. Au reste, les deux sels préparent la toile sur laquelle ils abandonnent de l'oxyde d'étain, qui contracte avec elle une grande adhérence. On se règle, sur le choix à faire entre les deux sortes de sels, sur la nature de l'étoffe et sur la nuance qu'on veut obtenir.

Composés dans lesquels l'oxyde d'étain agit comme base. — Les préparations dans lesquelles l'oxyde d'étain joue le rôle de base sont de deux sortes, suivant que l'étain est à l'état de protoxyde ou de peroxyde d'étain. Le protochlorure d'étain est la préparation la plus répandue; en contact avec un tissu quelconque, il lui laisse de l'oxyde d'étain, car l'eau seule le décompose déjà; il se forme un sel soluble acide qui reste dissous, et un sel insoluble qui se précipite et se dépose sur la fibre. On en fait usage pour les couleurs vapeurs; mais comme ce sel ne se détruit que par double décomposition, il en résulte une quantité proportionnelle d'acide chlorhydrique qui détruit les tissus, surtout le coton. On a recours, pour combattre cet effet, à l'acétate de potasse ou de soude, dans la solution de laquelle on fait passer les pièces foulardées dans le protochlorure d'étain. Les acétates agissent à la façon des bases.

Au lieu d'employer le protochlorure d'étain, on fait souvent usage du sulfate de protoxyde d'étain dissous dans l'acide chlorhydrique.

Sur 10 kilogrammes d'étain en grenaille, introduits dans un vase de porcelaine, de grès ou de verre, on verse 15 kilogrammes d'acide chlorhydrique du commerce exempt de fer, on ajoute peu à peu dans ce mélange 7k,5 d'acide sulfurique à 66°; il y a dégagement de chaleur, et l'étain, violemment attaqué, se dissout sans peine, dès le commencement, plus difficilement à mesure que la concentration s'opère; on termine l'action en élevant la température à la fin de l'opération jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus d'hydrogène. On obtient, par le refroidissement, une masse de cristaux qui contiennent un léger excès d'étain, et qu'on étend d'eau, pour que le tout pèse huit fois le poids de l'étain dissous, c'est-à-dire 80 kilogrammes.

La difficulté de trouver des vases en porcelaine d'une capacité suffisante pour l'opération que nous venons de décrire a fait rechercher les vases en métal. On prépare aujourd'hui, dans les fabriques, les chlorures et les sulfates d'étain dans de grandes chaudières en cuivre, étamées fortement en dedans et en dehors. On a fait usage de capsules d'étain; mais elles sont trop sujettes à se fondre, si l'on ne prend pas assez de précautions dans la conduite du feu.

Si l'on chauffe à 100 degrés dans un bain-marie de l'acide sulfurique de Nordhausen, dans lequel on fait dissoudre jusqu'à saturation complète du protochlorure d'étain et qu'on dessèche jusqu'à ce que le mélange prenne la consistance d'un mortier durci, qu'on conserve à l'abri de l'air, on obtient une bonne préparation capable de faire adhérer aux fibres textiles les matières colorantes qui forment laque avec l'oxyde d'étain.

Les sels de peroxyde d'étain peuvent également, ainsi que nous l'avons dit, servir d'intermédiaire entre les fibres et les matières colorantes dans les opérations de la teinture. On prépare pour cet effet les bichlorures d'étain au moyen des deux méthodes suivantes, qui pratiquement donnent d'excellents résultats.

1° 10 kilog. d'étain sont traités par 80 kilog. d'acide nitrique à 26 degrés, dans lequel on a fait dissoudre 10 kilog. de sel ammoniac.

2° 10 kilog. de protochlorure d'étain sont traités par un mélange formé de 16 kilog. d'acide chlorhydrique du commerce et 8 kilog. d'acide nitrique.

3° Suivant M. Kopp, l'hyposulfite d'étain permet de fixer sur les tissus une proportion assez considérable d'oxyde d'étain qui donne à la teinture des nuances assez vives. L'hyposulfite de soude ne doit être mêlé qu'à des sels de bioxyde d'étain ou aux composés multiples à base d'oxyde stannoso-stannique, parce qu'au contact des sels de protoxyde, il se forme rapidement ou du sulfure ou de l'oxysulfure d'étain.

Composés dans lesquels l'étain joue le rôle d'acide. — Dans d'autres composés l'étain fait fonction d'acide; ces préparations sont fréquemment employées; on en fait usage lorsqu'on peut détruire la combinaison dans des conditions telles que l'oxyde stannique puisse se fixer sur l'étoffe. Pour préparer le stannate de potasse on fait dissoudre de l'oxyde d'étain, ou mieux du protochlorure d'étain dans la potasse qu'on ajoute en grand excès pour faire redissoudre le précipité qui s'est formé tout d'abord. Ce composé n'offre qu'une faible résistance. L'acide carbonique de l'air tend à le décomposer en mettant en liberté du protoxyde d'étain qui s'oxyde lui-même sous l'influence de l'air atmosphérique. Cette même décomposition s'effectue déjà sans le concours de l'air; car le protoxyde d'étain se dédouble par un nouvel arrangement moléculaire en étain métallique et en peroxyde d'étain. Quant à l'étain métallique, il s'oxyde à son tour pour donner finalement de l'acide stannique.

En définitive, on voit donc que c'est toujours de l'acide stannique qui se dépose sur les tissus. Quelques fabricants obtiennent un résultat immédiat en faisant usage du bichlorure d'étain pour obtenir une bonne préparation stannique. On le précipite par la potasse, et le dépôt est dissous dans une quantité convenable de potasse en excès.

On n'a que rarement recours aux sels d'étain pour produire les nuances garancées, mais on s'en sert quelquefois ponr combattre les effets produits par la présence de l'oxyde de fer; on en fait encore usage pour modifier par substitution, ce qu'on nomme *conversion*, une étoffe teinte avec le concours de préparations alumineuses. On s'en sert avec le plus grand avantage dans l'établissement de toutes les couleurs d'application et surtout pour fixer les couleurs dites *couleurs vapeurs*. Nous aurons plus loin à revenir sur les principes qui guident le fabricant dans la préparation des matières colorantes de cette sorte.

Préparations organiques (mordants organiques).

Les matières minérales que nous venons d'étudier ne sont pas les seules qui soient aptes à rendre adhérentes aux tissus celles des matières colorantes d'origine organique qui ne contractent par elles-mêmes aucune combinaison avec les fibres textiles, quelle que soit leur nature. Nous avons déjà fait comprendre, en parlant du blanchiment, que certaines substances de la classe des matières grasses, modifiées dans certaines circonstances, jouissent de la propriété que nous venons de rappeler, et qu'elles agissent dans les opérations de la teinture comme de véritables *mordants*.

Toute la fabrication du rouge turc ou rouge d'Andrinople repose sur l'emploi d'huiles convenablement modifiées pour pouvoir faire contracter aux tissus d'origine végétale une véritable coloration d'un rouge éclatant sous l'influence de la garance. On donne à ces huiles modifiées, ou capables de se modifier, le nom d'huiles tournantes; elles sont devenues, de la part des chimistes les plus distingués, l'objet d'études très-intéressantes, et le type auquel on a rattaché la plupart des intermédiaires propres à la teinture entièrement destructible sous l'influence de la chaleur, que leur origine et leur nature ne permettraient pas de classer parmi les mordants inorganiques ou minéraux.

Il existe d'ailleurs certaines substances qui, après teinture, retiennent sur la laine, la soie et le coton non blanchi, les matières colorantes qui nécessiteraient des mordants. On n'en connaît pas la nature, les fibres végétales sont les seules qu'on ait pu débarrasser de ce mordant. En serait-il de même de la soie et de la laine? Que sont les tissus débarrassés de ce mordant organique; est-ce cette substance qui rend les tissus réducteurs? Ces questions restent encore à résoudre.

Nous trouvons, parmi les intermédiaires organiques propres à fixer les couleurs, des substances organisées, animalisées, c'est-à-dire produites directement avec ces qualités sous l'influence de la vie, d'autres matières ne jouissant des propriétés utiles que nous énumérons qu'après avoir été modifiées dans des circonstances données. Nous allons chercher à présenter à ce sujet quelques réflexions suggérées par certaines substances appartenant à des groupes bien différents

Matières albuminoïdes. — Lorsqu'on soumet à la teinture des œufs pour leur donner les couleurs diverses des œufs de Pâques, on se contente de les faire bouillir dans des décoctions de différentes matières tinctoriales, de bois de Brésil, de bois de Campêche, de pelures d'oignon, de pain de tournesol, d'orseille, etc. Toutes ces couleurs se fixent parfaitement bien sans aucune intervention de matière particulière, avec cette seule différence que tel œuf prend la matière colorante d'une manière plus prononcée que tel autre. Dans ce cas, comme l'a démontré M. Kuhlmann, la coloration se trouve déterminée non pas par le sel calcaire dont la coquille est formée, mais par un enduit albuminoïde azoté qui revêt la surface sous une épaisseur plus ou moins variable. En effet, si l'on traite pendant un certain temps des œufs par de l'acide chlorhydrique affaibli, en ayant soin de ne faire atteindre par le liquide que la moitié de la surface de chaque œuf, les parties attaquées se couvrent d'une matière émulsive blanche qu'un simple lavage à l'eau suffit pour détacher. Les parties non atteintes sont alors les seules qui fixent les couleurs, ce sont celles qui sont naturellement recouvertes d'un enduit naturel qui ressemble assez à de l'albumine coagulée. Les parties des œufs qui ont eu le contact de l'acide restent parfaitement blanches.

L'affinité de l'albumine pour les matières colorantes est d'ailleurs démontrée par les colorations que prend dans les bains de brésil, de campêche, etc., de l'albumine coagulée par la chaleur. Ces curieux résultats ont conduit M. Kuhlmann à faire quelques essais de teinture sur des étoffes de coton, de laine et de soie préalablement préparées avec de l'albumine coagulée soit au moyen d'un acide, soit par la chaleur. Il est évident, d'après ces essais, que l'albumine est convenable pour les tissus de coton, qu'elle convient moins pour la soie et qu'elle ne donne que des avantages à peu près insensibles pour les tissus de laine. Au moins faut-il admettre qu'il en est ainsi dans l'emploi de la garance, du brésil et du campêche.

Nous avons déjà cité celle des expériences de M. Verdeil sur laquelle il s'appuie pour démontrer que la transparence des fibres est une des causes les plus influentes de l'intensité que possède une teinture donnée. Elles prouvent la tendance de l'albumine à fixer les oxydes métalliques.

Lorsque de l'albumine est coagulée dans l'eau renfermant du bichlorure d'étain, et que la coagulation est obtenue par la chaleur en présence d'une solution de cochenille, on obtient une teinture grenat foncé, comme si l'on avait opéré sur un tissu véritable. Les substances albuminoïdes peuvent donc servir de pré-

paration propre à faire adhérer sur les divers tissus es matières colorantes, tout comme le peuvent faire les matières minérales que nous avons déjà passées en revue.

Il ressort des essais de M. Kuhlmann que les matières azotées coagulables sont très-énergiques pour fixer sur les tissus, dans toutes les conditions d'insolubilité désirables, les oxydes métalliques, même de ceux dont les sels ne se décomposent que très-difficilement au contact des étoffes. Des expériences comparatives, faites par exemple avec l'acétate d'alumine, le chlorure de manganèse, le sulfate de zinc, le sulfate de cuivre, le sulfate de protoxyde de fer, le perchlorure de mercure et le chlorure de platine, ont fourni les résultats suivants, mis en contact avec la décoction de bois de Brésil et la garance. Je les réunis, d'après M. Kuhlmann, dans le tableau suivant (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XLIII, p. 952).

NATURE de la préparation.	BOIS DE BRÉSIL.		GARANCE.	
	Coton naturel préparé par le sel avant teinture.	Coton albuminé	Coton naturel.	Coton albuminé.
Eau pure	rouge violacé pâle.	rouge violet foncé.	rougeâtre.	rougeâtre.
Acétate d'alumine	rouge brun.	rouge violet foncé.	rouge brun.	plus nourrie.
Chlorure de manganèse .	giroflé.	giroflé noir.	violet sale.	plus foncée.
Sulfate de zinc.	rouge violet clair.	violet foncé.	violet terne.	plus foncée.
Sulfate de cuivre.	rouge violet clair.	violet foncé.	violet brun.	violet brun.
Sulfate de protox. de fer.	rouge violet.	noir violacé.	violet foncé.	plus foncée.
Perchlorure de mercure.	giroflé.	noir à reflet rouge.	giroflé brun.	beauc. plus foncée.
Chlorure de platine . . .	rouge brun sale.	noir plus foncé.	brun clair.	plus rouge.

De tous ces essais on peut tirer cette conclusion, que la pratique ne manquera certes pas d'utiliser prochainement, que l'albumine, étant appliquée d'une manière uniforme à la surface des tissus de coton, peut servir d'une bonne préparation pour y fixer les couleurs de la garance et du bois de Brésil; qu'elle convient mieux encore pour faire adhérer divers oxydes avec lesquels elle forme des combinaisons insolubles. Dans la teinture proprement dite, les tissus chargés de ces préparations absorbent les couleurs avec plus de facilité que si le mordançage avait eu lieu, soit avec l'albumine seule, soit avec les sels métalliques pris isolément.

Matières gélatineuses. — Certaines matières qui, par leurs propriétés générales, rappellent la gélatine, possèdent des caractères semblables. Lorsqu'on prépare quelques tissus au moyen de la gélatine, il convient de la fixer, en la coagulant au moyen du tanin. M. Kuhlmann, auquel on doit ces recherches intéressantes, a pu constater que la gélatine, en permettant de fixer très-abondamment le tanin sur des étoffes données, peut intervenir d'une manière très-efficace dans la teinture en noir ou en gris par les sels de fer. Les couleurs ainsi préparées possèdent la plus grande solidité.

Matières tannantes. — Des résultats analogues ont lieu lorsque inversement on fixe des matières qui jouissent des propriétes du tanin avec une immersion dans de l'eau chargée de gélatine. Ce dernier procédé trouve une application très-heureuse dans les teintures en noir, en produisant une combinaison avec le tanin et l'oxyde de fer. Le tanin seul intervient encore avec une étonnante énergie pour fixer sur les étoffes l'acétate d'alumine qu'il décompose facilement, et pour obtenir des nuances excessivement nourries.

Matières grasses. — Le véritable type des mordants organiques doit être choisi dans les huiles fixes dont on se sert pour la préparation des teintures qu'on nomme rouge turc ou rouge d'Andrinople. Mais toutes les huiles fixes ne sont pas également propres à donner de bons résultats, c'est-à-dire des nuances vives et suffisamment foncées.

On doit à M. Pelouze d'excellentes recherches sur cet objet; nous les présenterons ici presque textuellement.

Les huiles employées généralement pour la fabrication du rouge d'Andrinople sont des huiles d'olive provenant, pour la plus grande partie, des États du Levant, de l'Italie ou du midi de la France. On les distingue des autres corps gras par la dénomination d'*huiles tournantes*, qui rappelle la propriété qu'elles présentent, étant mêlées à de faibles dissolutions alcalines, de produire une émulsion lactescente. Une huile de cette nature est d'autant plus estimée, que cette émulsion est plus parfaite, et que sa partie grasse est plus de temps à se séparer du liquide aqueux. Pour distinguer une huile tournante d'une huile ordinaire ou flambante, il suffit d'en laisser tomber une ou deux gouttes dans un verre à expériences, en partie rempli d'une solution de soude caustique marquant 1 1/2 à 2 degrés. La première devient opaque, la seconde reste transparente. C'est le procédé que suivent ordinairement les industriels qui vendent ou qui achètent les huiles tournantes; ils jugent, d'après le plus ou moins d'opacité des gouttes oléagineuses, si la propriété qu'ils recherchent est plus ou moins développée dans l'échantillon d'huile soumis à l'essai.

Les huiles propres à la fabrication du rouge turc sont d'un prix assez élevé; on a donc tenté de leur substituer des huiles de qualité inférieure et d'une valeur vénale beaucoup moindre, en les mêlant au jaune d'œuf, en les traitant par l'acide nitrique, etc.; mais il paraît que ces essais n'ont pas été suivis de résultats industriels, puisque l'industrie des toiles peintes en rouge d'Andrinople continue toujours à consommer des quantités considérables d'huile d'olive naturellement tournante.

M. Pelouze a démontré que ces huiles naturellement tournantes ne sont autre chose que des mélanges d'un corps gras neutre avec un corps gras acide. En effet, lorsqu'on traite par l'alcool les huiles d'olive tournantes, quelle que soit leur provenance, elles lui cèdent toutes une quantité notable d'acide oléique et margarique. La proportion de ces acides varie de 5 à 15 pour 100; on retire également ces acides des mêmes huiles en faisant chauffer celles-ci pendant quelques minutes avec un alcali.

L'huile d'olive ordinaire, celle qui sert aux usages de la table, ne contient pas d'acide gras ou du moins n'en contient que des quantités insignifiantes; il est facile de s'en assurer par l'épreuve que nous venons d'indiquer. Or, si nous rappelons que les huiles pures

s'obtiennent par la division et la compression immédiate des olives arrivées à leur point de maturité, et que le remaniement des tourteaux, la fermentation des olives en tas, ou toute manipulation qui a pour effet de multiplier les points de contact de l'huile avec les matières qui l'accompagnent et de prolonger ce contact, ont pour résultat certain l'acidification de l'huile, nous verrons réunies dans la pratique toutes les conditions les plus favorables à la transformation de l'huile vierge en huile tournante (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XL, p. 605, et t. XLII, p. 1196).

Ces faits sont d'ailleurs prouvés d'une manière absolue par les observations suivantes :

On trouve depuis quelques années, dans le commerce, des huiles de diverses espèces également propres à la fabrication du rouge turc. Ces dernières sortent de la maison de MM. Boniface frères, de Rouen, la seule en France qui sache préparer des huiles artificielles tournantes. Ces fabricants n'ont pas fait connaître les procédés à l'aide desquels ils arrivent à ce résultat important. Mais on peut prouver que les huiles provenant de l'usine de MM. Boniface contiennent des proportions très-notables d'acide oléique et d'acide margarique.

M. Chevreul a fait, il y a plus de vingt ans, une observation qui cadre avec cette manière de voir ; il a extrait du coton teint en rouge d'Andrinople deux matières huileuses, l'une neutre au tournesol, l'autre qui le rougit et qui est formée d'acides oléique et margarique, c'est-à-dire des mêmes acides qui se forment spontanément dans les huiles par le contact des substances qui les accompagnent dans leurs graines.

Si l'huile d'olive tournante est presque exclusivement employée dans la fabrication du rouge turc, cela tient surtout à ce que les olives se prêtent mieux que les graines oléagineuses à la réaction qui donne naissance aux acides gras ; aujourd'hui que le rôle de cette huile est parfaitement connu, rien ne semble plus facile que de la remplacer avec économie par des huiles à bas prix, telles que celles d'œillette, de sésame, de colza, de palme, etc. Il suffit de broyer les graines ou les amandes qui les contiennent et de les abandonner un certain temps à elles-mêmes avant d'en extraire l'huile. Un second moyen plus simple encore consiste à mêler directement aux huiles ordinaires quelques centièmes de leur poids d'acide oléique et margarique provenant des fabriques de bougies stéariques. Ce moyen a réussi d'une manière complète entre les mains de M. Steiner, fabricant de toiles peintes à Manchester. Personne en Europe ne fabrique autant de rouge turc que cet habile industriel, et personne n'était mieux placé que lui pour juger du mérite du mélange artificiel d'huile ordinaire et des acides gras indiqués.

La fabrication française est d'ailleurs aussi sur le point de tirer parti des travaux de M. Pelouze. MM. Henry et fils à Bar-le-Duc ont répété ces essais et sont parvenus à des résultats pratiques. « La proportion de l'acide oléique qu'il convient d'ajouter aux huiles ordinaires varie suivant les huiles ; si 100 parties d'huile exigent, pour tourner, 5 parties d'acide oléique, d'autres échantillons en demandent jusqu'à 15, tandis que 2 pour 100 suffisent pour quelques-uns ; l'expérience seule peut indiquer la proportion exactement convenable, car un excès d'acide oléique ramène l'huile ordinaire à ses propriétés primitives. Ils ont remarqué que les huiles, pour être de bonne nature, ont besoin d'avoir subi préalablement un certain degré d'épuration et que les huiles brutes ainsi préparées se coupaient moins bien avec une même lessive de soude. »

L'époque très-prochaine à laquelle les huiles grasses communes, autres que les huiles d'olive, prendront leur place dans l'industrie des toiles peintes m'engage à présenter ici le résumé d'expériences qui font connaître les circonstances les plus convenables à l'acidification des matières grasses. Je laisse parler ici M. Pelouze, l'éminent chimiste auquel on doit l'étude de ces phénomènes.

Nous ne parlerons pas ici de l'altération lente que les matières grasses éprouvent au contact de l'air ; cette altération, encore aujourd'hui fort obscure, semble d'ailleurs ne pas être liée d'une manière immédiate avec le dédoublement de la matière grasse en acide et glycérine ; elle est accompagnée d'une absorption d'oxygène et d'un dégagement d'acide carbonique qui font admettre une sorte de combustion lente, bien éloignée des phénomènes de saponification. Les faits que nous allons exposer font pressentir la tranformation des huiles ordinaires en huiles propres à la confection du rouge d'Andrinople : ils décèlent le dédoublement très-net des corps gras en acide gras et glycérine sans que l'air intervienne dans la réaction.

« Lorsque les graines et les diverses semences oléagineuses sont soumises à la division qui brise les cellules et met en contact intime les substances dont elles se composent, les corps gras neutres que contiennent ces cellules se changent en acide gras et en glycérine.

« Il se passe ici quelque chose d'analogue à ce qu'on remarque dans le raisin, la pomme, et dans beaucoup d'autres fruits dont le sucre se transforme aussitôt qu'on déchire les cellules qui l'isolent du ferment en alcool et en acide carbonique. Des graines de colza, de lin, de moutarde, d'œillette, de pavots, d'arachide, de sézame, de cameline, de camomille ; des noix, des noisettes, des amandes douces, des amandes amères ont été successivement broyées dans un mortier ; l'huile retirée immédiatement soit par la pression, soit par l'éther et la benzine ne contenait pas ou ne contenait que des traces d'acide gras.

« Une certaine quantité de la plupart des espèces des graines ci-dessus désignées sous des poids variant de 2 à 6 kilogrammes ont été réduites en farine et renfermées dans des bocaux bien bouchés. Au bout de quelques jours, ces farines contenaient toutes des quantités notables d'acide gras et de glycérine qui augmentaient incessamment.

« Ainsi encore, des noix réduites en pâte ont donné, sous l'influence d'une température de 12 à 25 degrés, après cinq jours, 9 p. 100, et après huit jours 15 p. 100 d'acide gras.

« Dans l'huile de sésame on a trouvé, après huit jours, 6 p. 100 ; après un mois, 17 ; après trois mois, 47 pour 100 d'acide gras. Les huiles d'œillette et de pavot se sont comportées à peu près de la même manière.

« Les amandes douces, après trois semaines, ont donné de l'huile contenant moins de 4 p. 100 d'acide gras ; l'huile d'arachide, au bout d'un mois, en contenait 6 p. 100, après trois mois, 11 p. 100. La graine de lin et celle de colza, après trois semaines, fournissaient une huile contenant 5 à 6 p. 100 d'acide.

« La saponification dont il est ici question paraît varier d'ailleurs, non-seulement avec la température, mais encore avec les quantités de graines employées : l'huile d'œillette est celle qui fournit le plus d'acide gras fourni spontanément ; une huile provenant d'une graine en poudre contenait jusqu'à 85 à 90 p. 100 d'acide gras. »

Gluten. — D'après M. Walter Crum, on augmente l'affinité du coton pour les matières colorantes, telles que l'orseille, l'acide picrique, la pourpre française, l'indisine, en la combinant, si ce terme est conve-

nable, avec le gluten des céréales ; la préparation s'obtient de la manière suivante : Le gluten, abandonné dans des vases appropriés jusqu'à ce qu'il soit devenu mucilagineux, est complétement liquéfié ; le liquide saturé par une solution de carbonate de soude précipite le gluten modifié; 5 kilogr. de gluten exigent 500 à 550 grammes d'une solution d'une densité de 1,15 ; le précipité gluant et élastique est lavé à trois reprises avec un litre d'eau pure, puis mis à dissoudre de nouveau dans 434 grammes d'une solution d'une densité égale à 1,080. Le gluten se transforme de la sorte en un liquide mucilagineux qu'on peut étendre à consistance convenable pour l'impression à la planche ou l'impression au rouleau. L'expérience a fait voir que dans ce dernier cas on l'étend ordinairement pour les quantités indiquées de 3500 grammes d'eau de bonne qualité. Les fils ou tissus de lin et de coton sont mis en contact avec cette liqueur, et séchés ou vaporisés, soit exposés dans un courant d'air humide et chaud : on lave et on dégorge ensuite.

Après avoir subi cette préparation, les fibres textiles peuvent contracter une adhérence suffisante avec les matières qui ne teignent que très-mal l'orseille, la pourpre française, le violet d'aniline ; quand on opère par voie d'impression au moyen de ces mêmes couleurs, on vaporise une seconde fois.

Les premiers essais faits pour animaliser le coton étaient fondés sur l'emploi du gluten brut. On se bornait alors à laisser le gluten brut se liquéfier le plus possible, puis on le mélangeait avec le tiers de son poids d'une dissolution de soude caustique d'une densité de 1,080. La liqueur mucilagineuse ainsi préparée servait directement, mais elle restait infidèle dans bon nombre de circonstances.

Toutes les considérations qui précèdent, et sur lesquelles nous croyons inutile de revenir, nous ont fait connaître les diverses préparations auxquelles on soumet les fils ou les tissus, pour les rendre propres à fixer les matières colorantes. Nous avons vu qu'on donnait le nom de mordants à ces diverses préparations, qu'elles soient de nature organique ou de nature inorganique. Occupons-nous actuellement des matières colorantes, et, pour généraliser l'étude des phénomènes de teinture, considérons les matières tinctoriales dans leur nature. dans leurs rapports avec la laine, la soie, le coton, le lin et le chanvre, dans leurs caractères d'ensemble, dans leurs propriétés chimiques, dans les méthodes applicables non-seulement à leur préparation, mais encore à la détermination de leur valeur commerciale.

§ VII. DES MATIÈRES COLORANTES

considérées dans leur nature, leur origine, leur préparation, etc.

Lorsque l'homme sut faire, pour se vêtir, quelques tissus grossiers, il dut chercher à décorer ces vêtements par l'application de matières colorées ; certes il y a loin des premières tentatives de cet art de la teinture aux temps historiques, aux merveilles qu'il peut étaler actuellement aux yeux du consommateur. Les progrès de la chimie ont assurément créé d'immenses ressources, comme nous pourrons en juger par la suite de ces études : mais comme plusieurs matières colorables sont d'un emploi très-simple, il est assez permis de regarder l'époque de leur application première comme très-reculée.

Hâtons-nous de le dire, il n'a fallu rien moins que toute l'influence des sciences chimiques pour faire de l'art de la teinture un corps de doctrine basé sur des expériences variées, exactement observées et scrupuleusement discutées.

Nature des matières colorantes.

La nature organique nous offre à l'étude un grand nombre de matières colorées ; la nature minérale en présente de même un nombre assez considérable ; parmi les premières, quelques-unes sont devenues d'un emploi général, soit en raison de leur solidité, soit à cause de l'éclat et de la richesse de leur nuance, soit enfin par leur bas prix et par la facilité de leur application industrielle.

Les couleurs minérales ont aussi quelquefois des teintes fort brillantes qu'il faut employer toutes les fois qu'on le peut ; mais cette substitution des principes minéraux colorés aux principes organiques n'est pas toujours heureuse. Ceux-ci jouissent généralement, en effet, d'une transparence qui surpasse beaucoup celle des substances minérales. Ces dernières couleurs ont, en effet, l'inconvénient de couvrir, et ce qu'on recherche dans la peinture à l'huile devient un inconvénient grave dans la teinture des étoffes, puisque ces matières masquent, par leur opacité, le brillant naturel au tissu. On n'a guère recours aux couleurs minérales que pour la teinture du coton qui ne possède pas par lui-même un très-grand éclat.

Matières d'origine minérale. — Nous ne nous occuperons ici que des couleurs organiques ; les substances colorantes minérales insolubles, pour être d'une bonne application sur les fils et les tissus, s'obtiennent en général par double décomposition effectuée toujours sur l'étoffe même ; leur préparation et leur étude rentrent d'une manière générale dans le cadre des traités de chimie pure. Il nous suffit de citer le sulfure d'antimoine, le chromate de plomb, les sulfures d'arsenic, les iodures de mercure pour faire comprendre la variété de nuances qu'on peut emprunter aux matières d'origine minérale.

Matières colorantes d'origine organique. — Les matières colorantes dont nous allons présenter l'histoire sont répandues dans le commerce sous le nom de *matières tinctoriales*. Elles sont tantôt des êtres organisés, comme le kermès, la cochenille ; tantôt des parties de végétaux, la racine de garance, l'écorce de bois jaune, les bois de Brésil ou de Campêche, la fleur de carthame ; tantôt le résultat de certaines opérations qu'on a fait subir à des matières végétales, à certaines plantes, comme l'indigo, le pastel, le tournesol, l'orseille ; à certains liquides d'origine variée, comme l'aniline, qui fournit des nuances violettes ou rouges, l'indisine et la fuchsine. On ne doit les considérer, à juste titre, que comme des éléments de teinture complexes dans leur essence, dont on doit séparer la véritable matière colorante, la seule utile dans la pratique.

Dans certains cas, la matière colorée se trouve naturellement formée dans la matière colorante brute, ou dans l'extrait qu'on en prépare ; dans d'autres cas, au contraire, la matière tinctoriale ne contient qu'un principe immédiat colorable. On a pu, par des recherches savantes, isoler un grand nombre de ces principes, tant colorables que colorés, et nous devons dire que c'est la voie la plus fertile que l'industrie puisse jamais suivre pour obtenir des perfectionnements nouveaux dans cet art déjà si perfectionné.

Les recherches de MM. Chevreul et Robiquet ont ouvert la carrière, et fourni des méthodes dont la pratique s'est bien vite emparée. D'autre part, l'étude des diverses matières organiques, nous dévoilant leurs tranformations, a conduit à la production immédiate de principes colorés inconnus, et que les arts chimiques préparent aujourd'hui pour les besoins de la teinture.

Nous compléterons actuellement ces données générales par le tableau qui suit contenant l'indication des principales substances tinctoriales et leur désignation dans le commerce.

MATIÈRES TINCTORIALES du Commerce.	DÉSIGNATION SCIENTIFIQUE ET SUBSTANCES desquelles elles dérivent.	PRINCIPES COLORANTS PURS qu'on en a extraits.	COULEURS qu'on en obtient.
1. Cochenille, insecte du	cactus coccinilifer.	carmine.	rouge
2. Kermès, insecte du	quercus coccifera.	carmine.	
3. Laque-laque, résine produite par le	coccus ficus	carmine.	
4. Laque-Dye.	coccus lacca.	carmine.	
5. Racine de Samadra	samadra indica.	saméderine colorable. saméderine colorée.	rouge pourpre.
6. Racine de grémil.	lithospernum arvense.	lithosphermine.	rouge.
7. Garance.	rubia tinctorum. rubia cordifolia. rubia perigrina.	alizarine. purpurine. xanthine.	rouge. rouge. rouge.
8. Bois du Brésil.	cæsalpina brasiliensis.	brésiline colorable. brésiline colorée.	rouge.
9. Bois de Santal.	pterocarpus santalin.	santaline.	rouge.
10. Bois d'amaranthe.	palo morado.	amaranthine colorable. amaranthine colorée.	rouge pourpre.
11. Tiges du sorgho.	sorghum saccharatum	sarghine	rouge.
12. Graine de peganum.	peganum harmala.	harmaline colorable. harmaline colorée.	rouge.
13. Safranum (fleurs du)	carthamus tinctorius.	acide carthamique.	rouge.
14. Carmin de pourpre du	guano, acide urique.	murexide.	rouge.
15. Rouge de goudron.	goudrons de bois (créosote). goudrons de houille.	acide rosolique	rouge.
16. Rouge d'aniline.	aniline, produit de la décomposition de la nitrobenzine, de la distillation des goudrons, etc.	acide fuchsique : fuschine, azaleïne, cristallinéïne	rouge rosé.
17. Orcanette.	anchusa tinctoria.	anchusine.	violette.
18. Violet d'aniline.	aniline oxydée par le bichromate de potasse, etc.	indisine, harmaline roséine, purpurine, violine.	violet.
19. Orseille de terre. 20. Orseille des îles. 21. Orseille des murailles.	variola dealbata. lichen rocella. lichen tartareus.	lécanorine formant : l'orcine colorable. l'orcéine colorée. l'orcéinate d'ammoniaque.	violette.
22. Pourpre française	orseille faite à chaud.	métorcéinate calcaire.	violet.
23. Indigo (fécule)	indigofera, polygonum tinctorium.	indigotine colorable, indigo blanc indigotine colorée, indigotéine	bleu.
24. Carmin d'indigo.	indigo traité par l'acide sulfurique.	sulfoindigotate.	bleu.
25. Bois de Campèche.	hematoxylon campechianum	hématine colorable hématine colorée.	violet bleu.
26. Mauve noire.	malva sylvestris.	malvine	bleu gris.
27. Vert des feuilles.	matière colorante des feuilles.	chlorophille : phylloxanthine. / phyllocyanine.	jaune. / bleu.
28. Chardon.	cinara scolymus	cinarine	vert.
29. Vert de Chine, lo-kao.	nerprun, rhamnus		vert bleu.
30. Quercitron, écorce du.	quercus tinctoria.	quercitrin	jaune.
31. Bois jaune.	morus tinctoria.	morin colorable morin coloré.	jaune.
32. Gaude, tiges du	reseda luteola.	lutéoline. chrysorhamnine.	jaune d'or. jaune.
33. Fustet.	rhus cotinus	fustine	jaune.
34. Sarasin.	polygonum fagopyrum.	rutine. crocine	jaune. jaune.
35. Gardenia	gardenia grandiflora.	crocétine.	jaune.
36. Graine de Perse	rhamnus tinctoria.	rhamnine xanthorhamnine.	jaune. jaune fauve.
37. Curcuma, racine du	curcuma longa et rotunda.	curcumine	jaune.
38. Rocou (pâte).	bixa orellana	bixine bixéine	jaune. jaune orange.
39. Acide picrique.	acide phénique, huile de houille traitée par l'acide nitrique	acide picrique	jaune.
40. Baies de Sambucus.	sambucus ebulus.		noire.

TEINTURE.

La dernière colonne définit la substance utile qui a fait le sujet des études spéculatives de la science. Nous commencerons par les matières rouges, nous finirons par les matières jaunes. Nous intercalerons quelques couleurs composées, violettes ou vertes, et quelques-uns des principes qui, quoique encore sans emploi dans la teinture, peuvent être introduits dans l'industrie, ou dont l'exemple peut être pris comme modèle dans l'examen des matières colorantes d'origine organique.

Composition chimique. — Considérées sous le point de vue de la constitution chimique, c'est-à-dire de la nature et du nombre des éléments simples qui les composent, et des rapports qui existent entre eux, toutes les matières colorantes isolées des matières tinctoriales contiennent du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène; quelques-unes contiennent de l'azote; de ce nombre sont l'indigo, la fuchsine, l'indisine, etc. Généralement assez riches en carbone, elles se rapprochent des résines par plusieurs de leurs propriétés; cependant beaucoup d'entre elles, chargées d'oxygène, se rapprochent davantage des matières neutres; elles ne contiennent pas plus de carbone que le bois. Insistons cependant sur la grande variété de types qu'on rencontre, et qu'on doit rencontrer dans des matières d'origine et de coloration si diverses. Nous verrons, en effet, quelques matières colorantes se comporter comme de véritables acides (acide carthamique, fuschine), tandis que d'autres, au contraire, auront des tendances basiques et des réactions alcalines (hématine); plusieurs matières colorées n'ont de coloration qu'à l'état de sels parfaitement définis (bleu de Prusse, orcéinate d'ammoniaque). Quelques-unes, enfin, sont complétement inertes (indigotéine) et ne se combinent que lorsqu'on les a profondément modifiées dans leur nature intime.

Propriétés des matières colorantes.

Depuis longtemps on savait que la plupart des principes d'origine animale ou végétale sont très-altérables; ils le sont beaucoup moins qu'on ne le pensait, si l'on tient compte des circonstances complexes dans lesquelles on les place. On a vu que parmi les matières colorées, les unes, exposées à la chaleur, soutiennent une température plus élevée, lorsqu'elles n'ont pas le contact de la lumière, que lorsqu'elles y sont exposées. D'autres se conservent des années entières dans le vide lumineux ou dans l'air obscur, tandis qu'elles s'altèrent au bout de quinze jours au contact de l'air et de la lumière. Leur décomposition est le résultat de l'action simultanée de la lumière et de l'oxygène atmosphérique. D'autres, enfin, s'unissent aux alcalis solubles sans le contact de l'oxygène, et se conservent sans altération des mois entiers, lorsqu'elles s'altèrent très-promptement au contact de l'air.

Les expériences auxquelles M. Chevreul a soumis le curcuma, l'indigo, le rocou, le carthame, l'orseille, l'acide sulfindigotique et le bleu de Prusse, ont donné des résultats conformes aux observations qui précèdent. Toutes ces matières colorantes, considérées après leur application sur coton, sur laine et sur soie, ont été scrupuleusement étudiées et examinées sous le rapport des altérations qu'elles subissent de la part de la lumière, dans le vide sec, dans l'air sec, dans l'air saturé d'eau, dans l'atmosphère, dans la vapeur d'eau, dans le gaz hydrogène sec, dans le gaz hydrogène saturé de vapeur d'eau. La durée de l'exposition a été de deux ans. Les notions qu'on a déduites de ces expériences ont fixé les conditions dans lesquelles se font remarquer les différences de solidité d'une couleur donnée; nous y reviendrons, en définissant les couleurs de grand, de moyen ou de petit teint.

Chaleur. — Nous aurons à distinguer l'action de la chaleur sur la matière colorante elle-même ou dans ses rapports avec l'affinité de la fibre pour la substance tinctoriale, c'est-à-dire dans ses rapports avec l'art de la teinture. Nous commencerons en nous plaçant à ce dernier point de vue.

On sait que certaines matières, comme la zircone, l'oxyde de titane, préparées par voie humide, plusieurs sels comme les antimoniates chauffés dans les environs d'une température rouge, deviennent incandescents et perdent leur solubilité dans les acides. Quelques matières organiques, sans exiger, pour présenter des phénomènes analogues, une température aussi considérable, jouissent de propriétés semblables. L'exemple de l'albumine cuite paraît très-propre à faire comprendre l'action de la chaleur en teinture. Si l'on applique de l'albumine fraîche sur une étoffe quelconque, qu'on la fasse sécher et qu'on la traite par l'eau, elle se dissout; si l'on fait cuire, au contraire, l'albumine sèche, on la coagule par la chaleur; en vain on la traitera par l'eau, elle ne se dissoudra plus; cette simple modification, en quelque sorte physique, explique comment la chaleur peut fixer une matière soluble sur un tissu, soit que la matière cuite ait de l'affinité pour l'étoffe, soit qu'elle n'en ait pas. On comprend qu'un grand nombre de matières colorantes se rapprochent de l'albumine, lorsqu'on connaît les températures auxquelles ont lieu les phénomènes que M. Chevreul désigne sous le nom de phénomènes de coction ou de cuisson; ce premier ordre de faits acquiert encore de l'importance, si l'on songe que plusieurs substances, appliquées froides ou tièdes sur des tissus donnés, n'ont pas ou n'ont que peu d'affinité pour les tissus; lorsqu'on les présente chaudes, en élevant la température, l'affinité naît ou augmente d'intensité : la matière colorante est fixée; on conçoit, comme possible, le cas où la matière colorante complexe ne serait insoluble qu'après une certaine élévation de température; cette matière insoluble resterait alors fixée solidement à l'étoffe, soit que celle-ci eût réellement de l'affinité pour la matière colorée, soit qu'elle n'en eût pas.

Nous rappellerons ces principes lorsque nous parlerons de la fixation de couleurs dites *couleurs vapeurs.* Pour généraliser l'action de la chaleur, en tant qu'elle est capable de modifier l'affinité de l'étoffe pour la couleur, citons un fait qui prouve que ce qui se passe dans le fixage à la vapeur se reproduit dans la chaudière du teinturier. Nous avons déjà mentionné cette observation de M. Chevreul, qu'un sel cuivreux, fixé sur la laine, tache l'étoffe lorsqu'on la passe à la vapeur, parce que la base passe à l'état de sulfure par la réaction du soufre naturel de la laine. Si l'on plonge à froid de la laine dans la solution d'un sel de cuivre, on enlève, au moyen de l'eau froide, la majeure partie du sel qui s'est séché sur l'étoffe, après qu'on l'a retirée du bain de sel; mais en la plongeant dans l'eau bouillante, de bleuâtre qu'elle est, elle devient couleur de rouille, et dès lors on ne peut séparer la moindre quantité de sel de cuivre adhérent, par la raison qu'il s'est formé du sulfure de cuivre insoluble, absolument comme dans le cas où la laine, passée dans le sel de cuivre, a subi l'action de la vapeur.

Il n'est donc pas possible de nier l'influence de la chaleur pour fixer les couleurs sur les étoffes. Quelle est, en dehors de l'action de la chaleur sur la matière colorante en contact avec la fibre textile, l'action de la chaleur sur la matière colorante isolée? Essentiellement variable même sous l'influence d'une chaleur ménagée, tantôt la modification est permanente, tantôt au contraire elle n'est que passagère. La curcumine, matière colorante jaune du curcuma, et l'hématine, matière colorante du bois de Campêche, exposées l'une et l'autre à l'action de la chaleur, changent de nuance; mais ces modifications disparaissent par le refroidisse-

ment. La carthamine, au contraire, reste complétement altérée.

Sous l'influence d'une température élevée, les matières colorantes organiques, de même que toutes les substances non minérales, sont altérées ; leurs éléments se dissocient pour former des groupements plus simples, dont la nature se rapproche d'autant plus des matières minérales que la température de leur décomposition se trouve plus élevée. Sous l'influence d'une chaleur ménagée quelques-unes entrent en vapeur, et se condensent sous forme cristalline. L'alizarine, matière colorante rouge de la garance, est dans ce cas ; quelques-unes sont volatiles par elles-mêmes, d'autres exigent le concours d'une vapeur inerte ; l'indigotéine, matière colorante bleue de l'indigo, dans les circonstances de sa vaporisation se trouve entraînée par les produits qui résultent de la décomposition d'une partie de la substance mise en expérience.

Lumière. — Dans certaines conditions, la chaleur et la lumière se comportent de même en altérant, l'une et l'autre, la matière colorante. MM. Gay-Lussac et Thénard ont cherché comment se comportent différentes matières colorantes dans l'air humide et dans l'air sec sous l'influence de la lumière, et dans le même milieu sous l'influence de la chaleur.

La carthamine, matière colorante rose du safranum qui, décomposée par la lumière, devient d'un blanc sale, subit la même altération sous l'influence de la chaleur, lorsqu'on maintient la température à 160 degrés pendant une heure.

L'hématine, extraite du bois de Campêche, décomposée par la lumière, devient rousse, et subit la même altération après une heure et demie sous l'influence de 180 degrés. La couleur rouge de la Brésiline qu'on extrait du bois de brésil, et qui disparaît presque complétement sous l'influence de la lumière, disparaît de même lorsqu'on la maintient pendant deux heures à 190 degrés. La couleur orange du curcuma, devenue rouille sous l'action de la lumière, prend la même nuance après une heure et demie de contact avec l'air à la chaleur de 200 degrés.

La lutéoline, matière colorante de la gaude qui prend à la lumière un ton ocreux, s'altère de la même manière au contact de l'air sec et de la chaleur quand on maintient la chaleur à 210 degrés pendant deux heures et demie.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, M. Chevreul a répété les expériences de MM. Thénard et Gay-Lussac en les étendant et les modifiant. Comme les résultats auxquels il est parvenu démontrent d'une manière incontestable qu'on ne saurait expliquer les phénomènes de la teinture en faisant abstraction de l'affinité de la matière colorante pour le tissu, nous les indiquerons en parlant de la solidité des couleurs quand nous exposerons les méthodes de la teinture proprement dite. Nous nous bornerons à dire ici que si les observations du savant directeur des Gobelins ne confirment pas en tout point celles de ses devanciers, les différences s'expliquent par les différences de température auxquelles les divers expérimentateurs ont fait leurs essais. On sait que plus la température est élevée, plus on s'expose à déterminer des réactions secondaires entre les divers éléments de la matière colorante généralement complexe. Une infinité de causes étrangères viennent d'ailleurs s'ajouter à celles que provoquent directement la chaleur et la lumière ; ces modifications ne dépendent pas tant encore des milieux dans lesquels l'expérience se produit que des substances accidentelles entraînées par la matière colorante elle-même. La carthamine pure, qui résiste assez bien lorsqu'elle est fixée par un tissu plus ou moins chargé de matières grasses, s'altère très-rapidement sous la seule influence de l'air ordinairement chargé de quelques traces d'ammoniaque.

Quoi qu'il en soit, on ne saurait admettre, sans exagérer la portée de ces résultats, que la lumière et la chaleur agissent seulement d'une manière directe ; il est beaucoup plus rationnel de regarder les altérations observées comme résultant des réactions chimiques qui s'accomplissent soit entre les éléments de la matière colorante et ceux qui sont introduits par l'étoffe, ou la matière colorante elle-même. Nous ne pouvons perdre de vue que l'étoffe colorée est une molécule excessivement complexe qui se forme, par la réunion de la fibre, des préparations dont elle est chargée, de la matière colorante et de tous les éléments étrangers fournis par les matières principales mises en présence.

L'action de la lumière est quelquefois utile.

Les anciens employaient la lumière comme agent de coloration ; ils la faisaient agir sur des tissus imprégnés de sécrétions de coquillages pour obtenir la pourpre de Tyr que nous formons aujourd'hui de toutes pièces au moyen de l'alloxane ammoniée.

Les teinturiers des Indes exposent à la lumière leurs tissus imbibés d'émulsions ; les teinturiers en rouge ont recours à ce moyen qu'ils combinent à la chaleur. L'action de la lumière solaire sur les dérivés des huiles est telle qu'en faisant agir isolément certains rayons du spectre sur des résines ou des essences oxydées ou nitrées, on détermine une variété considérable de composés colorés. On sait que l'un des rouges de Laurent se produit sous l'influence des rayons solaires sur les thyonapthamates. M. Jules Persoz vient de faire voir qu'avec l'aide de la chaleur, la lumière qui conserve à peu près intact l'acide nitrocuminique transforme cet acide en une magnifique couleur rouge. Cette métamorphose, qui ne s'opère que sur l'acide après l'insolation, s'effectue avec une puissance remarquable sur le tissu, lorsqu'on dissout l'acide nitrocuminique dans l'ammoniaque et qu'on épaissit à la gommeline pour imprimer un tissu de coton, et qu'on passe ensuite en acide nitrique faible pour fixer l'acide nitro-cuminique ; l'étoffe exposée directement aux rayons solaires, puis chauffée sur un cylindre chaud, laisse voir une impression d'une magnifique nuance écarlate. Nous verrons plus loin l'action de la lumière sur la matière colorante remarquable dont les Chinois ont fait emploi pour l'obtention de la couleur qu'on désigne en Europe actuellement sous le nom de vert de Chine et qu'ils empruntent à certaines variétés de nerprun.

L'action de la lumière n'est pas toujours également efficace ; elle dépend évidemment de l'intensité des rayons lumineux ; son énergie doit être en outre attribuée soit à la présence de corps qui accélèrent l'altération, soit à l'influence de substances qui retardent physiquement la modification dont on poursuit l'étude.

Prouvons-le par des faits :

Une étoffe teinte en bleu de cuve, exposée pendant l'été sur le pré directement à la radiation solaire, éprouve une forte décoloration, tandis qu'en hiver la même étoffe subit une décoloration à peine sensible.

Un tissu teint uniformément en bleu se trouve considérablement altéré dans sa nuance par une exposition à la lumière, mais il résiste s'il a reçu postérieurement à la teinture une immersion dans un bain de chlorure d'étain.

Le rouge de garance fixé par l'alumine est beaucoup moins stable que lorsqu'on l'a fixé par l'alumine additionnée d'un sel d'étain.

Quelques observations précises, citées par M. Persoz, tendent à faire admettre que dans quelques circonstances l'action de la lumière sur les matières colorantes est essentiellement physique.

Une préparation d'alumine et de fer donne sur les tissus, avec le bois de Campêche, un noir très-brillant. Si l'on mêle au bois de Campêche du quercitron ou de la gaude susceptibles de fournir un élément jaune, on

obtient une teinture qui diffère très-peu de la précédente ; mais ces deux noirs, exposés à l'action de la lumière, sont loin de présenter le même degré de solidité. Celui qui contient du jaune est beaucoup plus résistant que celui qui n'en renferme pas. Et cependant les deux matières prises isolément présentent à peu près la même inaltérabilité. Or, si l'on admet que les matières colorantes absorbent ou réfléchissent inégalement les rayons lumineux et que la matière jaune absorbe ceux qui détruisent l'hématine, on peut expliquer, au moins dans certaines limites, les différences que présentent ces deux noirs.

Il est d'ailleurs prouvé que certains rayons, tels que le violet, par exemple, altèrent très-promptement un grand nombre de matières colorantes ; la lumière blanche seule avec insolation suffit pour altérer en quatre heures la plus belle nuance de rouge que nous connaissions, la fuchsine ; seize jours d'insolation la décolorent notablement, un mois la détruit complétement. La laine, la soie et le coton teints en fuchsine ont moins de solidité que la carthamine dans les mêmes conditions d'insolation et celle-ci moins encore que la cochenille, surtout lorsque cette dernière est en combinaison avec le sel d'étain.

Oxygène. — L'oxygène exerce sur les matières colorantes, comme sur les matières organiques d'origine animale et végétale, une action toujours prononcée, mais variable suivant l'état d'oxydation de celle-ci, suivant encore leur état d'isolement ou de mélange ; l'état de l'oxygène lui-même exerce une influence variable, car l'action est lente avec l'oxygène libre, active au contraire avec l'oxygène à l'état naissant, active encore avec l'air lumineux. M. Chevreul a fait voir en 1837 l'influence de l'oxygène atmosphérique dans la plupart des cas où les étoffes teintes avec les matières colorantes d'origine organique se décolorent par leur exposition à la lumière du soleil, en prouvant que ces mêmes étoffes se conservent des années entières dans le vide lumineux. Et tandis que certaines couleurs se détruisent complétement, d'autres peuvent se décolorer et reprendre spontanément leur nuance.

Le bleu de Prusse dans le vide lumineux se décolore en passant d'abord au blanc, puis à une couleur brune de terre d'ombre, mais il se recolore en bleu par le contact de l'oxygène.

On sait aujourd'hui que quelques couleurs, au contraire, peuvent gagner au lieu de perdre en intensité. Le jaune d'acide picrique sur laine a gagné pendant huit mois du jaune orange à l'orangé, montant vers le rouge. Sur soie l'effet est moins sensible.

En étudiant l'action de l'oxygène au point de vue le plus général, on voit qu'elle s'exerce tantôt sur un principe immédiat *colorable*, avec lequel ce corps se combine pour former un principe immédiat *coloré*, tantôt, au contraire, cette action s'exerce sur un principe coloré déjà, dont la nuance s'altère, se détruit plus ou moins en se transformant le plus souvent en un produit jaune ou brunâtre.

L'oxygène jouera donc deux rôles éminemment différents : utile, quand il concourt à la formation du principe coloré ; nuisible, lorsqu'il altère la matière colorée pour en faire disparaître la nuance. Les phénomènes qui se passent sans cesse sous nos yeux témoignent à chaque instant de ce double rôle. Les fleurs et les fruits ne nous montrent-ils pas constamment des colorations variées et vives à certaines époques qui disparaissent dans l'âge caduc. Une opinion fort ancienne avait regardé l'oxygène comme agent destructeur. Une étude approfondie des phénomènes de coloration présentés par les matières végétales a démontré qu'au moins sous l'influence vitale, influence au reste encore fort obscure, il faut admettre avec Fourcroy :

1° Que l'oxygène en combinaison avec les substances végétales en change la couleur ;

2° Que les modifications apportées aux dites couleurs varient avec les proportions d'oxygène absorbé ;

3° Que généralement les nuances les plus foncées deviennent claires et que l'extrême de celles-ci se trouve être la décoloration la plus complète ;

4° Que cette dégradation cependant n'a pas lieu dans toutes les matières végétales, comme l'avait annoncé Berthollet ;

5° Que plusieurs couleurs végétales rouges, violettes, pourpre, marron, etc., sont dues à des proportions diverses d'oxygène, mais qu'aucune de celles-là n'est entièrement saturée de ce principe ;

6° Que cette saturation complète donne le plus souvent des couleurs jaunes, qui sont les moins altérables de toutes ;

7° Que non-seulement les matières végétales colorées par l'oxygène changent de couleur suivant les proportions de ce principe, mais qu'elles changent aussi de nature et qu'elles se rapprochent d'autant plus de l'état résineux qu'elles sont plus voisines de la couleur jaune ;

8° Enfin que telle est la cause de l'altérabilité des rouges, des bruns et des violets tirés des végétaux ; car l'emploi du chlore donne un moyen de les fixer, de les rendre durables, en les imprégnant d'une certaine quantité d'oxygène, c'est-à-dire en imitant le procédé de la nature.

Pour étudier d'une manière complète l'action de l'oxygène sur les matières colorantes, il nous a paru convenable de diviser la question et de séparer les cas où l'oxygène agit sur la substance isolée de ceux où l'action se développe au contact des bases salifiables, ou des bases salifiables et de l'ammoniaque.

Le cas le plus simple est celui dans lequel l'oxygène pur est absorbé par la matière colorante isolée. Il y a généralement oxydation.

On sait qu'une toile trempée dans une cuve d'indigo reste jaune verdâtre tant qu'elle n'est pas au contact de l'oxygène, mais que dès qu'elle est soumise à l'action de l'air elle bleuit. L'indisine, matière colorante violette, extraite de l'aniline, dérivée de l'indigo, conserve les affinités de la molécule indigotique et donne des réactions en tout point comparables. L'indisine à l'état soluble est incolore ou légèrement verdâtre ; elle passe au violet pur par l'exposition à l'air. L'oxygène est bien évidemment dans ces deux cas la cause de la coloration. Il n'agit qu'en enlevant l'hydrogène que renferment les matières colorées ou non colorées. Le bois de Campêche mouillé perd sa couleur naturelle qui tourne à l'orange pour se transformer en une substance rouge violacée qu'on nomme campêche préparé.

La garance qu'on expose à l'air prend une couleur plus foncée que lorsqu'on la conserve à l'abri de l'air ; les sucs de pastel, de betterave, de sumac, se foncent en couleur lorsqu'ils vieillissent, par suite d'une absorption d'oxygène. La couleur est d'autant plus foncée que la dissolution est plus ancienne.

Quelques couleurs ne s'altèrent ou ne se forment que lorsque l'oxygène intervient en présence de matières alcalines. L'hématine, principe colorant du bois de Campêche, la brésiline, principe utile du bois de Brésil, la carmine, matière colorante de la cochenille, la matière colorante bleue de la violette, les matières jaunes qui colorent les fibres textiles ne présentent pas de colorations au contact des alcalis en dehors du concours de l'oxygène ; mais ces matières prennent de suite leurs colorations caractéristiques aussitôt qu'on fait intervenir le concours de l'air. Quant à la garance, elle se transforme en une matière peu soluble qui ne prend plus d'adhérence avec l'oxyde de fer : on comprend déjà le parti que l'art de la teinture a dû tirer de ces

TEINTURE.

diverses observations, puisque quelques-unes des matières les plus riches exigent, pour devenir utiles, le concours simultané de l'air et de certaines bases alcalines.

Quelques matières colorantes ne se développent enfin qu'en vertu de l'addition de l'azote aux principes non colorés contenus dans la matière tinctoriale. Les observations de Robiquet sur les lichens et sur l'acide gallique, celles de Heeren, Stas et Kane sur l'orcine démontrent d'une manière absolue ce fait important : que l'ammoniaque agit comme les bases fixes en présence de l'air ou de l'oxygène. Le phénomène le plus important qu'on puisse rappeler maintenant est évidemment la transformation de l'orcine, matière incolore peu soluble que contiennent les lichens, en orceïne, matière violette très-riche et très-soluble, l'une des matières colorantes les plus remarquables.

Nous avons déjà fait pressentir l'importance du rôle que l'oxygène joue dans les opérations du teinturier, suivant qu'il s'exerce sur des matières colorables ou sur des matières colorées. Le rôle est surtout actif lorsque l'oxygène provient d'oxydes et d'acides métalliques réductibles qui abandonnent l'oxygène à l'état naissant. Le principe colorable peut être oxydé, c'est-à dire transformé en une matière utile, de même qu'il peut être détruit ensuite par une action trop énergique ou trop longtemps prolongée. Les acides chromiques ou le bichromate de potasse, par exemple, exercent une action de cet ordre sur l'hématine. Nous citerons comme exemple la transformation remarquable du sulfate d'aniline, du sulfate de xylidine, du sulfate de cumidine, tous composés incolores, en indisine, magnifique couleur violette. Quelle que soit la véritable molécule qui fournisse le noyau de la combinaison, aniline ou toute autre molécule complexe, il faut admettre son oxydation par l'oxygène abandonné par l'acide chromique au moment de sa réduction en oxyde chromique ; le liquide qui surnage renferme du sulfate de sesquioxyde de chrome. Nous avons présenté déjà l'explication de ce qui se passe dans le mélange lorsque nous avons étudié les préparations de chrome.

En présence des sels de cuivre, il se forme souvent avec les matières colorables des laques dont la constitution n'est pas parfaitement définie. Si nous mêlons le principe colorant de la garance avec l'acétate de cuivre, il se forme immédiatement un précipité coloré qui contient à la fois du cuivre, de l'oxygène, du carbone et de l'hydrogène, c'est-à-dire les éléments de la matière colorante, et qu'on peut considérer avec tout autant de raison ou comme une combinaison d'oxyde de cuivre et de la matière colorante, ou comme une combinaison de la matière colorante oxydée avec l'oxyde de cuivre à l'état d'oxydule, ou comme une combinaison de la matière colorante oxydée avec du cuivre entièrement réduit, ou bien enfin comme une combinaison dans laquelle le cuivre jouerait le rôle de copule. Cette dernière hypothèse ne serait pas la moins vraisemblable, car aucun des agents qu'on emploie ordinairement pour trahir la présence de l'oxyde de cuivre ne décèle cet oxyde dans le produit de la réaction. On peut admettre en principe que toutes les fois qu'un composé minéral oxydé, soit acide, soit basique, facilement réductible, se trouve en contact avec une matière colorante, il y a réduction. Il résulte du mélange deux composés nouveaux, un oxyde réduit et un principe coloré, ou un métal réduit et un oxyde supérieur qui peuvent rester combinés ou simplement mélangés. On explique ainsi, par exemple, la transformation de l'aniline en fuchsine par le nitrate de mercure ; mais il faut admettre avec restriction cette hypothèse qui n'est pas d'accord avec la réaction de l'acide arsénique sur l'aniline ; la couleur rouge se développe sans aucune réduction de l'acide arsénique, comme nous nous en sommes assurés MM. Persoz, de Luynes et moi. Un arrangement moléculaire nouveau peut résulter de la simple mise en présence des éléments qu'on considère. Quant à l'aniline, nous citerons ce fait bien inattendu de sa transformation en une matière rouge, qui ne le cède en rien comme éclat à la fuchsine, par le seul contact de cette substance avec le furfurol, huile volatile qu'on extrait du son.

Les mêmes réactions d'oxydation dont nous venons de parler ont lieu lorsqu'on met en contact des matières colorées avec les oxydes ou les acides réductibles. Mais, dans ce cas, si l'action est prolongée, les matières colorées peuvent être détruites sans que rien puisse les ramener à leur état primitif, c'est-à-dire à l'état de substances colorables. Dans le cas d'une action ménagée, la matière colorée peut être au contraire ramenée par des circonstances spéciales à son point de départ ; c'est ainsi, par exemple, que l'indigo, que l'indisine incolore peuvent être obtenues au moyen de l'indigo bleu ou de l'indisine violette ; mais l'indigo et l'indisine ne peuvent être transformés ni en indigo bleu, ni en indigo jaune blanc, ni en indisine primitive, lorsqu'on les a soumis à des agents oxydants puissants ; la molécule primitive se trouve détruite. Cette destruction est surtout facile par l'emploi de l'oxygène à l'état naissant. On devra donc éviter, à moins de nécessité particulière, l'emploi des mélanges qui peuvent fournir de l'oxygène à l'état naissant ; nous citerons en première ligne l'eau oxygénée, le chlore et l'eau, les acides chloreux et hypochloreux, un mélange d'acide chlorhydrique et de peroxyde de manganèse, le chlore et les hydrates de potasse ou de soude.

Tous ces mélanges sont employés dans l'industrie lorsqu'on veut enlever ou détruire une couleur ; ils prennent le nom de *rougeants* lorsqu'on en fait usage pour faire naître *par enlevage* sur un fond uni des dessins blancs. Il est encore d'autres mélanges dans lesquels interviennent les corps analogues au chlore, comme le brome et l'iode, qui joueraient le même rôle ; mais jusqu'à ce jour leur prix élevé rend leur emploi peu favorable, et leur action sur les matières colorantes est généralement plus faible que celle que peuvent exercer le chlore ou ses dérivés.

L'oxydation des matières colorantes donnerait lieu certainement à des observations utilisables par la pratique, si des recherches convenablement dirigées en faisaient comprendre toute la valeur. On pourrait, sous des influences déterminées, créer et des nuances nouvelles et des principes plus solides que ceux que nous connaissons aujourd'hui ; malheureusement on ne sait pas encore dans quelles conditions exactes les matières colorées prennent tel ou tel état d'oxydation ; on n'a jusqu'à présent enregistré que des changements trop brusques, qui ne permettent pas de mettre en lumière les résultats d'une oxydation lente et progressive. Le sucre de raisin, que nous pouvons assimiler aux matières colorantes, se modifie d'une manière remarquable au contact des sels d'oxyde de cuivre et de la potasse ; il se forme de l'oxydule de cuivre ; le sucre de canne, si voisin par ses propriétés et sa composition, se comporte d'une manière toute différente. Mais ce dernier, mis en contact d'un acide quelconque, prend de suite les caractères du sucre de raisin. Supposons que les modifications se trahissent par des modifications dans les nuances ; de quelles ressources ne seraient-elles pas pour le teinturier, ces transformations acquises à si peu de frais ! Cet exemple, que je choisis entre mille, donne une idée bien nette des avantages que pourrait procurer l'étude des matières colorantes dirigée dans la direction que j'indique ici. C'est en partant de ces principes qu'on est parvenu dans ces derniers temps à rendre solide la couleur extraite de l'orseille et qu'on a pu rendre encore moins altérable l'indigotéine par le

TEINTURE.

ontact du principe colorant avec les chlorures d'étain, de mercure et l'acide arsénieux.

Chlore, brome, iode. — Le chlore, comme le brome et l'iode qui sont avec raison rangés dans la même famille naturelle, agit tantôt d'une manière directe, tantôt d'une manière indirecte. Nous avons envisagé déjà les propriétés de ce corps en présence de la matière colorante du lin dans les opérations du blanchiment; ce n'était évidemment qu'un cas particulier de l'étude plus générale que je vais exposer ici.

L'action du chlore sur les matières colorantes est indirecte; toutes les fois qu'elle s'exerce en présence de l'eau, il y a formation d'acide chlorhydrique et dégagement d'oxygène à l'état naissant. Il y a dans ce cas oxygénation; l'action se porte sur le principe colorable qui peut devenir coloré, ou sur le principe coloré qui peut être détruit par une oxydation trop avancée.

Le chlore agit directement toutes les fois qu'il n'y a pas intervention de l'eau; sous l'influence des rayons solaires l'action peut être nulle ou vive; elle se traduit suivant les cas par une fixation de chlore, ou par une élimination d'hydrogène à l'état d'acide chlorhydrique qui se dégage, ou par une élimination d'hydrogène à l'état d'acide chlorhydrique qui se combine avec la matière modifiée par la substitution du chlore à l'hydrogène; la substitution porte sur un ou plusieurs équivalents d'hydrogène.

Pour ne présenter qu'un exemple, nous citerons l'indigo, qui subit quelques transformations remarquables sous l'influence du chlore.

L'indigo bleu, finement broyé, soumis à l'action du chlore sec, à l'abri de la lumière solaire, ne s'attaque pas ; sous l'influence de la lumière diffuse, il s'altère légèrement en formant de l'acide chlorhydrique. Il se détruit promptement, au contraire, sous l'influence d'une radiation très-vive. Sous l'influence du chlore humide en excès, l'indigo blanc passe successivement à l'état d'indigo bleu, puis d'indigo jaune; après cette dernière transformation, on ne peut pas ramener l'indigo sous sa forme primitive d'indigo blanc ou d'indigo bleu.

Le brome et l'iode agiraient, comme le chlore, sur les matières colorantes, colorées ou colorables.

Hydrogène. — Une étude complète de l'action de l'hydrogène ou des corps avides d'oxygène sur les matières colorantes conduirait assurément à des résultats pratiques aussi certains que celle que nous avons fait entrevoir au sujet de l'oxydation des mêmes substances. Dans l'état actuel de nos connaissances, des phénomènes de réduction, dans lesquels l'hydrogène semble jouer son rôle désoxygénant, permettent de faire revenir, à l'état soluble et non coloré, des matières colorées que leur insolubilité ferait éloigner des ateliers de teinture.

Quant à la théorie pure, aucune expérience ne semble prouver jusqu'à ce jour que l'hydrogène libre soit capable d'agir directement sur une matière colorante, soit en s'y combinant, soit en éliminant une certaine proportion d'oxygène sous forme d'eau, mais bien évidemment l'hydrogène à l'état naissant ou l'un de ses composés non oxygéné désoxyde certaines matières colorantes et forme avec elles des composés particuliers.

L'action de ces composés a surtout été suivie sur les principes colorés ; il est bien probable que l'action ne s'exerce pas exclusivement sur ces derniers, que les matières colorables elles-mêmes sont modifiées dans des circonstances déterminées, et que les transformations qu'elles éprouvent pourraient être fructueusement introduites dans les ateliers de teinture. On ne saurait présenter d'ailleurs une explication plausible de certains phénomènes observés dans la pratique sans admettre que la matière colorable elle-même est profondément modifiée sous l'influence de certains agents réducteurs. Nous en trouverons la preuve en expliquant ce qui se passe dans les cuves montées à l'indigo. Généralement on peut accepter en principe que les substances colorées soumises à l'action des agents réducteurs sont réduites et forment des combinaisons d'un ordre à part, avec perte de tout ou partie de leur couleur propre.

C'est ainsi que des matières colorées se désoxydent ou s'unissent toujours à l'hydrogène ou l'une de ses combinaisons en changeant de couleur, lorqu'elles se trouvent en contact :

1° Avec des matières organiques en putréfaction, principalement dans les circonstances qui déterminent la fermentation muqueuse. L'indigo se réduit dans une cuve montée par de l'urine en putréfaction, il se dissout sous l'influence de l'ammoniaque qui joue le rôle de base, à l'état d'indigoture d'ammonium, par la même raison qu'en présence de la chaux il se fait de l'indigoture de calcium. La teinture de tournesol, renfermée dans un flacon à l'abri du contact de l'air, se couvre de moisissure en se décolorant. La couleur primitive reparaît sous l'influence de l'air. L'indisine en contact avec l'hydrosulfate d'ammoniaque se décolore promptement.

2° Le phosphore, l'arsenic, l'antimoine, l'étain en présence d'une base salifiable (potasse, soude, chaux) réduisent les matières colorantes.

3° Le zinc en présence de l'acide sulfurique et de l'eau.

4° L'éther, l'alcool et le même acide agissent comme réducteurs énergiques. Ce rôle des matières réductrices pourrait être considéré, d'après tous les chimistes, à deux points de vue différents. Pour quelques cas, les oxydes réducteurs avides d'oxygène s'empareraient de celui de la matière colorante; il en résulterait un composé moins oxygéné que le principe primitif. Dans d'autres cas, l'action ne serait pas immédiate, l'eau devant intervenir; il se dégagerait de l'hydrogène qui modifierait la nuance de la matière organique, tantôt en se combinant directement avec la substance colorée, tantôt en éliminant une sertaine quantité d'oxygène à l'état d'eau. Il est évident qu'on vertu des caractères excessivement variés que présentent les matières que nous étudions, on peut trouver que sous l'influence d'un même réactif la réaction diffère beaucoup d'un corps à l'autre; des recherches délicates prouveraient que les deux hypothèses sont parfaitement admissibles, en fournissant des exemples à l'appui de chacune de ces interprétations.

De tous les composés réducteurs, deux surtout ont fixé l'attention d'une manière toute spéciale; ce sont l'acide sulfureux et l'hydrogène sulfuré.

L'action de l'hydrogène sulfuré a principalement été étudiée par M. Chevreul. L'hématine en contact avec l'acide sulfhydrique jusqu'à saturation devient jaune, et la solution mise à l'abri du contact de l'air pendant quelques jours perd sa couleur et se conserve intacte dans un flacon bien bouché ; bouillie sur du mercure, dans le vide barométrique, elle perd de l'acide sulfhydique et l'hématine reparaît sans altération, mais pour disparaître par suite d'une nouvelle combinaison qui s'effectue spontanément au moment du refroidissement. Si l'on neutralise à l'abri du contact de l'air l'hématine saturée d'acide sulfhydrique par un alcali fixe, l'hématine se sépare en combinaison avec la potasse, en même temps qu'il se forme du sulfure alcalin. Ces deux expériences ont prouvé que l'hématine se combine sans modification avec l'acide sulfhydrique.

Quant à l'acide sulfureux dont on fait usage pour blanchir la soie, la paille, la laine, nous avons dit qu'il n'est pas décolorant au même titre que le chlore, et

qu'il n'altère pas la composition de ces substances comme le font le chlore et l'oxygène. Il ne paraît pas qu'il y ait au delà d'une simple combinaison. C'est au moins ce qui résulte de ces anciennes expériences, sur l'interprétation desquelles tous les chimistes sont d'accord. Une rose rouge plongée dans l'acide sulfureux devient blanche en peu d'instants; mais placée sous une cloche remplie de chlore, elle reprend sa couleur primitive, en même temps que l'acide sulfureux se transforme spontanément en acide sulfurique. Une étoffe de laine ou de soie teinte en rouge au moyen de la fuchsine, placée dans un bain d'acide sulfureux, se décolore immédiatement. Le sirop de violette est décoloré par l'acide sulfureux : l'ammoniaque ramène au violet la coloration de la liqueur; le résultat final est un liquide vert provenant de l'action de l'ammoniaque sur le sirop de violette. L'acide sulfureux forme donc, au moins dans un grand nombre de cas, si ce n'est dans tous, une combinaison avec les matières colorantes : la coloration primitive reparaît lorsqu'on expulse l'acide sulfureux en l'engageant dans une nouvelle combinaison.

Carbone. — Le carbone, employé sous forme convenable, jouit de la singulière propriété de décolorer un bain de teinture quelconque, en rendant insoluble la matière colorante vis-à-vis de laquelle il se comporte comme en présence des gaz. Cette propriété très-développée dans le charbon, surtout le charbon poreux, se rencontre dans d'autres substances, principalement dans les oxydes métalliques en tête desquels il faudrait mettre les oxydes d'aluminium, de fer et de chrome, si nous n'admettions pas qu'il y a plus qu'une simple action de contact entre les oxydes que nous venons de nommer et les matières colorantes. M. Persoz fait remarquer que le pouvoir décolorant de ces oxydes paraît être en rapport avec la propriété qu'ils possèdent de se fixer aux tissus pour former des *mordants* dans le sens de l'expression consacrée.

Eau. — Lorsque les matières colorantes sont en contact avec l'eau, en tant que l'eau ne contient pas de gaz dissous, on remarque une action dissolvante variable avec la température, avec la nature du principe coloré, avec la facilité que possèdent les couleurs de se conserver intactes sans altération. L'eau, comme véhicule, doit donc être étudiée de près; elle dissout ou ne dissout pas les matières colorées; elle peut les altérer, et nous ne saurions oublier que nous avons posé comme principe absolu que dans les opérations de la teinture il était avant tout nécessaire de rendre soluble le principe dont on veut se servir pour teindre une étoffe donnée.

Les matières colorantes peu riches en oxygène, comme l'indigotéine, sont complétement insolubles dans l'eau. Celles qui sont plus oxygénées semblent au contraire plus solubles; l'alizarine et la lutéoline, qui contiennent 5 équivalents d'oxygène, sont assez peu solubles. La brésiline et l'hématine, qui contiennent plus d'oxygène que les précédentes, sont plus solubles: il ne faudrait néanmoins pas croire que la solubilité croît avec le degré d'oxydation : l'expérience, dans certains cas, prouve qu'une oxygénation qui rapprocherait la matière colorante de l'état résineux s'opposerait à sa solubilité dans l'eau.

L'action de l'eau comme véhicule est d'ailleurs modifiée pratiquement par celle des matières qu'elle charrie ou dissout communément; on ne se sert que rarement d'eau distillée dans l'industrie : est-elle, par exemple, chargée d'oxygène ou d'air atmosphérique, elle oxydera les matières colorantes, elle transformera l'indigo blanc en indigo bleu qui ne se dissout pas; est-elle chargée de certains sels, elle ne dissoudra pas diverses couleurs qui seraient parfaitement solubles dans l'eau pure : la teinture en carmin d'indigo, en garance, en gaude offre des faits à l'appui de ces observations curieuses.

A l'état de vapeur, l'eau se comporte d'une façon très-remarquable, et nous avons déjà fait ressortir ce que l'influence de la chaleur peut produire sur la tendance des matières colorantes à se fixer aux tissus. Dans certaines circonstances, cette influence deviendrait à peu près nulle, si le rôle de l'eau ne venait s'ajouter à celui de la chaleur dans l'application des couleurs dites *couleurs vapeurs*.

L'eau n'est plus aujourd'hui le seul véhicule dont on fasse usage.

Oxydes. — Nous négligerons ici les phénomènes d'oxydation et de réduction qui nous ont occupé déjà plus haut et nous chercherons à déterminer le rôle des bases au contact des diverses matières colorantes en usage dans l'art de la teinture.

Dans un grand nombre de circonstances les matières colorantes se combinent aux oxydes pour former de véritables sels, les uns solubles, les autres insolubles; tantôt la matière colorable seule jouit de cette propriété dont la matière colorée se trouve entièrement privée. A l'appui de cette observation, nous citerons l'indigo blanc qui se combine très-facilement à la potasse, à la soude, à la chaux, tandis que l'indigotéine (indigo coloré) ne contracte aucune combinaison. Lorsque la matière colorable se présente dans un état convenable, la combinaison est des plus faciles; elle s'effectue très-souvent à froid, toujours à chaud. On donne le nom général de *laques* aux combinaisons des matières colorantes avec les oxydes insolubles comme l'alumine, l'oxyde de fer, l'oxyde de chrome.

Pour déterminer la combinaison des oxydes avec les matières colorées, dans le cas de principes également solubles, il suffit, à titre général, de mettre la matière colorable soluble en contact avec l'oxyde en question; lorsque l'oxyde n'est pas soluble la combinaison s'effectue toujours si l'oxyde est hydraté; les oxydes qui n'attirent pas la couleur sont ceux qui, sous l'influence de la chaleur ou de certaines circonstances, ont perdu toute solubilité dans les acides en même temps qu'ils ont abandonné leur eau d'hydratation. Pour fixer les idées, nous citerons les oxydes de fer, d'alumine et de chrome qui ne se combinent pas aux matières colorantes lorsqu'ils ont perdu leur eau d'hydrate par une circonstance quelconque, et qui se combineraient immédiatement avec les matières colorantes s'ils étaient à l'état de gelée.

La chaux, la baryte, la strontiane, l'oxyde de plomb jouissent aussi de la propriété de se combiner aux matières colorantes solubles et de dépouiller complétement les bains de teinture. Quant aux oxydes solubles, comme la potasse, la soude, l'ammoniaque, quelquefois même la chaux, elles forment des combinaisons solubles, à moins que ces éléments ne se trouvent en présence d'une dissolution saturée, et que l'excès de sel ne rende insoluble soit la combinaison formée, soit même la matière colorante.

S'il est facile d'obtenir une combinaison soluble de la matière colorante avec un oxyde convenablement choisi, rien n'est plus simple encore que de préparer les combinaisons insolubles. Nous trouvons à chaque pas, dans cette partie de la science qui nous occupe maintenant, l'application des règles les plus générales de la chimie minérale; elles conduisent à la précipitation de composés parfaitement définis d'une couleur et d'une composition invariables.

Plusieurs cas peuvent se présenter :

1° Lorsque la matière colorante est soluble par elle-même on peut la mettre en présence d'un sel soluble dont on précipite la base au moyen d'un réactif plus puissant. La matière colorante est entraînée sous forme

TEINTURE.

de laque par l'oxyde précipité. Une dissolution de garance, mélangée d'alun, précipite par l'ammoniaque une laque de garance. Généralement cette méthode ne conduit pas à des composés parfaitement brillants

2° Lorsque la matière colorante est soluble par elle-même, elle peut être déplacée et précipitée par l'ébullition à l'état de sel lorsqu'on a mélangé la dissolution de matière colorante avec un sel de potasse ou de soude capable de former par la chaleur un sous-sel insoluble. C'est ainsi qu'en présence d'une dissolution de garance, une dissolution d'alun saturée à froid de carbonate de potasse ou de carbonate de soude, ou d'acétate de plomb se trouble déjà vers 60°, suivant son état de concentration, en entraînant la matière colorante de la garance.

3° Lorsque la matière colorante est encore soluble, on met en présence un sel basique qui forme à la fois un sel neutre soluble, et la laque se précipite par voie de double décomposition. L'acétate tribasique de plomb, par exemple, forme de l'acétate neutre qu'il est facile d'isoler par filtration de la laque plombeuse qui se sépare.

4° Lorsque la matière colorante existe à l'état de dissolution à la faveur d'une base soluble avec laquelle elle forme une combinaison soluble, on ajoute un sel soluble qui contienne l'oxyde qu'on veut combiner. C'est ainsi que l'indigoture de chaux, traité par le chlorure d'étain, forme, par double décomposition, un indigoture d'étain, sel insoluble qui se précipite. L'indisine, en combinaison avec la potasse après réduction, se comporte de même.

Il est facile de voir que dans tous ces cas la matière colorante se comporte à la façon d'un acide. Au reste, on le prouve en cherchant à la déplacer; on n'y parvient qu'en faisant usage d'un acide plus énergique. Si les matières colorantes, en général, sont considérées comme des acides, elles doivent présenter pour un oxyde donné des affinités différentes, et là encore l'expérience confirme cette manière de voir. Met-on, en effet, dans un même bain une dissolution de garance, de cochenille et de gaude, l'alumine fixera successivement la garance, puis la cochenille, et enfin la gaude. Disons néanmoins que ces caractères ne sont pas absolus et que nous avons déjà cité l'exemple de l'hématine qui, vis-à-vis de l'acide sulfureux, se comporte comme le ferait une base. Il y aurait un intérêt réel à dresser une table des proportions chimiques concernant les matières colorantes organiques. La société de Mulhouse a proposé pour ce travail une médaille d'argent; le programme indique l'utilité de cette table, qui devrait contenir les proportions chimiques des principes colorants purs et dans l'état où le commerce les livre, et pour celles des matières colorantes qui sont solubles l'équivalent des décoctions à des degrés aréométriques donnés; de ces proportions pourraient se déduire celles de tel ou tel mordant propre à la composition des couleurs et la préparation des laques, comme on calcule la composition de tout sel dont on cherche l'acide, connaissant la base.

Acides.— D'après ce qui précède, on voit que l'action des acides sur les matières colorantes tend, conformément à ce qui se passe dans les ateliers et les laboratoires, à mettre en liberté les matières colorantes, soit qu'elles se trouvent engagées dans les matières tinctoriales, soit qu'elles existent en combinaison avec le tissu, soit enfin qu'elles restent à l'état de liberté dans le liquide sans contracter d'adhérence avec l'étoffe Ces réactions sont en effet utilisées dans la pratique ou pour rendre soluble la matière colorable engagée dans un bain à l'état de composé non soluble, ou pour enlever la couleur déposée d'une manière uniforme sur une étoffe qu'il faut décorer de dessins variés, (*enlevage*) ou pour empêcher la couleur de prendre sur certains points (*réserve chimique*).

Les cas de contact des acides inorganiques avec les matières colorantes sont donc fréquents dans l'industrie. Voyons à déterminer les phénomènes qui peuvent se présenter; ils seront nécessairement variables avec la nature de la matière colorante, avec la température à laquelle l'expérience aura lieu, avec la nature et l'état de concentration du liquide employé.

Lorsque l'acide sulfurique est concentré et qu'on le fait agir à froid, il peut n'être qu'un simple dissolvant, et les observations de tous les jours ont démontré que les matières colorantes qui ne s'altéraient pas au contact de l'acide sulfurique étaient douées d'une grande solidité. Il suffit, en effet, d'étendre d'eau pour faire reparaître la matière colorante avec toutes ses propriétés primitives. C'est ce qui arrive lorsqu'on traite la garance par l'acide sulfurique concentré. L'alizarine se précipite avec ses caractères distinctifs quand on étend d'eau la dissolution. Dans certaines circonstances l'acide sulfurique entre dans le molécule qu'il modifie; il se copule surtout avec les matières colorantes volatiles. C'est ainsi qu'il forme avec l'indigo bleu, l'alizarine, la lutéoline, des composés acides analogues à l'acide sulfovinique.

Si l'on fait intervenir la chaleur, les matières colorantes non volatiles se détruisent; en général, elles se charbonnent, tantôt avec dégagement de produits contenant du soufre, tantôt sans formation d'acide sulfureux.

L'acide azotique oxyde quelques-uns de ces corps sans altérer leur constitution moléculaire; mais le plus souvent, il les détruit pour donner naissance à des produits très-variés.

L'acide chlorhydrique concentré détruit le plus grand nombre des matières colorables ou colorées, particulièrement les matières colorantes non volatiles.

C'est surtout au contact des acides étendus que les matières colorantes sont exposées dans les opérations de l'industrie; comme les acides concentrés attaquent les fibres, on doit éviter leur action dans la teinture proprement dite.

Lorsqu'une matière colorante est mise en contact à froid avec un acide étendu, sa solubilité diminue, si cette matière est soluble; il n'y a pas d'action, si la matière colorante est insoluble à chaud. S'il y a dissolution, la matière colorante se précipite par refroidissement sous forme cristalline.

Le simple contact des acides étendus avec les matières colorantes doit assurément les modifier de la même manière qu'il agit sur le sucre de raisin. Les opérations journalières font admettre des altérations de cet ordre qui est de nature à donner une explication plausible de l'appauvrissement que subissent certains bains de teinture abandonnés à leur propre décomposition.

La première influence d'une matière acide sur une couleur végétale est d'en modifier la nuance : on admet généralement que les couleurs rouges tournent à l'orangé, que les couleurs bleues passent au rouge et que les jaunes sont éclaircies en passant au vert. Ces nuances sont ramenés à leur couleur primitive par l'addition des alcalis; les rouges sont ramenés au rouge vineux, les bleus passent au jaune foncé et les jaunes sont à peine altérés. On peut donc toujours ramener, dans certaines limites au moins, une nuance altérée par un acide au moyen d'une base et réciproquement, on donne dans les arts le nom de *virement* à l'action dont nous parlons; on en fait usage pour rassortir une nuance donnée.

A quoi tiennent ces modifications? Évidemment nous ne pouvons confondre ici deux sortes de phénomènes, l'un essentiellement physique qui constitue le

TEINTURE.

virement dont nous venons de parler; l'autre exclusivement chimique et qui résulte de la mise en liberté d'un acide végétal coloré dont la couleur était masquée par suite d'une combinaison avec une base alcaline. Dans cet ordre de faits nous rappellerons l'action d'un acide quelconque sur la teinture bleue de tournesol. La coloration bleue résulte de la combinaison de l'acide rouge avec une base; l'acide met l'acide végétal en liberté ; il est soluble, il colore donc en rouge le liquide primitivement bleu; ici rien d'obscur, et tous les chimistes sont d'accord. Il n'en est plus de même de la cause qui fait virer les couleurs, et c'est surtout à l'altération des principes simples colorés, qu'on ne peut considérer comme des sels, qu'il faut appliquer l'hypothèse que nous allons présenter. Or, si l'on admet avec M. Chevreul que les couleurs ne sont pas dans la matière, qu'elles résultent des impressions que nous en éprouvons sous l'influence de la lumière blanche qui n'est pas réfléchie dans son ensemble, mais dans quelques-unes de ses parties seulement, il est vraisemblable d'admettre que toutes les circonstances qui modifieront la molécule d'une substance modifieront de même sa couleur. Ne peut-on pas concevoir certaines contractions des molécules colorées sous l'influence des acides ou des bases, contractions qui ne seraient pas capable de se trahir par d'autres caractères que ceux qui prendraient naissance dans une modification légère de la nuance primitive? Au reste, nous n'entendons présenter cette explication qu'avec la plus grande réserve et ne la produire que dans le cas où la transformation d'une nuance donnée en une nouvelle nuance, si voisine qu'elle soit de la première, n'est accompagnée d'aucune métamorphose chimique, d'aucune évolution moléculaire.

Sels. — L'action des sels sur les matières colorantes peut être étudiée sous divers points de vue. Sous le rapport d'une intervention purement physique, les uns retardent momentanément la solubilité d'une matière colorante soluble par elle-même, d'autres la favorisent au contraire, quelques-uns, à ce chef, sont sans influence aucune.

Sous le rapport d'une intervention chimique, tandis que plusieurs sels agissent à la façon des bases, d'autres se comportent comme des acides. Dans ces deux circonstances, l'action est multiple; car l'influence relative au virement s'ajoute généralement à celle qui résulte des décompositions que la chimie peut prévoir et expliquer. Les sels dont l'action est équivalente à celle des bases sont surtout les sels à acides minéraux ou végétaux doués d'une faible énergie chimique; les carbonates et les acétates saturent les couleurs avec leurs bases comme si dans le mélange ces dernières étaient en liberté.

Nous avons vu comment les matières colorantes solubles se comportaient avec les sels en étudiant les moyens à l'aide desquels on rend insolubles ces principes pour les déposer avec adhérence sur les fibres textiles. Nous n'avons donc pas à revenir sur ce sujet. Nous rappellerons seulement que toutes les fois que la matière colorante est soluble sous forme de sel, elle peut former une laque insoluble par voie de double décomposition, quand on sait choisir parmi tous les sels celui dont la base forme un composé non soluble. Comme exemple nous citerons la décomposition de l'indigoture de chaux par le protochlorure d'étain. Souvent même, la dissolution simple de la matière dans l'eau, lorsque la matière colorante est soluble, se dépouille complétement au contact d'un sel. Témoin la solution d'hématine avec le sel d'étain : dans cette réaction il se forme de l'oxyde d'étain et de l'acide chlorhydrique; le protoxyde d'étain s'empare de la matière colorante et l'acide chlorhydrique n'exerce pas plus d'action sur la laque colorée que si l'on avait opéré sur un mélange alcalin. On peut rapprocher de ces faits l'influence de certains sels calcaires qui n'agissent qu'en vertu de la chaux qu'ils contiennent; on utilise cette propriété dans les opérations du garançage en additionnant le bain de quercitron et de fustet.

Dissolvants organiques. — L'alcool et l'éther sont employés, et si leur prix élevé permettait de les introduire avantageusement dans les pratiques de l'atelier, ils pourraient rendre de grands services à l'industrie qui nous occupe; nous verrons que l'on a déjà fait usage du premier, au moins pour isoler les principes utiles contenus dans les matières tinctoriales. On fait usage aujourd'hui d'esprit de bois, d'acétone, de sulfure de carbone, etc., comme dissolvants des matières colorantes.

Si nous exceptons l'indigotéine, toutes les matières colorantes sont solubles dans l'alcool et l'éther, surtout si l'on fait usage de la chaleur pour faciliter la dissolution; la matière colorante se sépare par le refroidissement sous forme de cristaux plus ou moins nets et brillants. La dissolution n'est que rarement accompagnée d'altération; cependant il se manifeste quelquefois des modifications qui se décèlent par des changements de nuances et de propriétés.

L'acide chlorhydrique et l'acide sulfurique en mélange avec l'alcool dissolvent toutes les matières colorantes, surtout à chaud, et c'est dans ces circonstances que les phénomènes de réduction que nous venons de rappeler sont les plus fréquents. L'indisine est décolorée par ces mélanges.

L'acétone et l'esprit de bois sont de bons dissolvants pour certaines matières colorantes. On est peut être à la veille d'en faire usage d'une manière pratique pour remplacer les extraits aqueux de plusieurs matières tinctoriales. Ces dissolvants, au reste, mélangés à l'acide sulfurique jouissent des mêmes propriétés réductrices que le mélange d'acide sulfurique et d'alcool. L'indigo, la garance, la gaude subissent des altérations profondes.

L'essence de térébenthine est encore un bon dissolvant de certaines substances colorantes; elle agit sur le rouge d'Andrinople.

Le sulfure de carbone dissout l'anchusine, principe colorant de l'orcanette. Lorsque les dissolvants organiques n'agissent pas sur le principe colorant pur, ils peuvent servir à les dépouiller des matières étrangères qui les souillent; c'est ainsi que, dans le procédé de Perkin, le naphte est employé pour séparer l'indisine de la résine qui l'accompagne; c'est ainsi que le sulfure de carbone débarrasse la curcumine des impuretés qui s'y trouvent associées.

État naturel des matières colorantes. — Nous avons vu que les matières organiques colorantes étaient fournies par le règne végétal et le règne animal. Comment se forment-elles? C'est là certainement un mystère encore inconnu, mais dont il ne faut pas désespérer de trouver l'explication. Personne assurément ne peut dire à quelles substances il faut recourir pour engendrer de l'indigotéine avec les feuilles des indigofères, de la carthamine avec les fleurs du carthamus tinctorius, de l'alizarine avec les principes accumulés dans les racines des rubiacées. Mais bien qu'on n'ait encore pu suivre jusqu'à présent ces métamorphoses intéressantes, on ne peut admettre qu'elles soient des secrets impénétrables. N'est-on pas parvenu dans ces derniers temps à préparer, au moyen d'intermédiaires éloignés, des composés qu'on considérait autrefois comme exclusivement du domaine des actions vitales? L'acide oxalique, l'acide racémique, l'acide tartrique, l'acide acétique, l'urée, les matières grasses sont aujourd'hui des produits de laboratoire. Assurément ce serait méconnaître la puissance de la synthèse chimique et les ser-

vices qu'elle a déjà rendus à l'homme que d'admettre que la science ne pourra jamais résoudre de semblables problèmes. On a déjà fait dans la reproduction des matières colorantes de tels progrès, qu'il serait prématuré de penser que quelques-uns au moins des principes colorés des animaux ou des végétaux employés en teinture ne sauraient jamais être reproduits de toutes pièces.

M. Stenhouse a fait voir que le furfurol en contact avec l'aniline donne immédiatement une magnifique couleur rouge. On a découvert l'aniline dans quelques variétés de champignons; le furfurol est une huile extraite du son. Ces trois faits conduisent naturellement à cette conclusion que les couleurs des fleurs peuvent être le résultat du contact de certains liquides produits à des époques déterminées de la vie des plantes. L'expérience conduira certainement un jour à la découverte de faits de même ordre, mais traduits par des colorations différentes.

Ainsi que nous l'avons dit, l'oxygène joue certainement un rôle important dans la formation des matières colorantes; mais ce serait aller trop loin que de croire que tous les principes immédiats colorés usités dans la teinture dérivent tous de l'oxydation de matières primitivement formées dans les végétaux ou les animaux. De simples dédoublements moléculaires, possibles sous l'influence des forces vitales, sont capables de transformations complètes dont nous trouvons des analogues dans les faits purement acquis dans les laboratoires. La salicine, par exemple, distillée sur de l'hydrate de chaux, perd une partie de son carbone à l'état d'acide carbonique et fournit une substance huileuse incolore, volatile, qui, sous l'influence du chlorure de calcium, forme à son tour à la longue une matière colorante rouge-cerise qui se place entre celle de la cochenille et de l'orseille. L'acide nitrocuminique, qu'on prépare en faisant agir l'acide nitrique fumant sur un des produits de l'oxydation de l'essence de cumin, ne conserve sa blancheur et sa limpidité que lorsqu'on le maintient à l'abri du contact de l'air; sous l'influence des rayons solaires, il se forme une poudre rouge qui rappelle la couleur du carmin, et susceptible de contracter adhérence avec les fibres ligneuses. Des recherches semblables à celles que nous indiquons pourraient conduire même à des colorations différentes de celles qu'on retire des substances tinctoriales, et pour ne faire qu'une citation nous dirons avec la société de Mulhouse que les travaux de Laurent sur la naphtaline ont permis d'entrevoir dans les dérivés chlorés et chloroxydés de cette substance une mine de couleurs d'autant plus intéressantes que leur composition chimique les rapproche de l'alizarine. Cette coïncidence remarquable a déjà conduit, en Angleterre comme en France, à des travaux de recherches et d'applications de la plus haute importance, dont la pratique est encore privée par l'absence de la matière première et la longueur de sa préparation.

Ces difficultés disparaîtront aussitôt que les acides chloroxynaphtalique et perchloroxynaphtalique seront préparés d'une manière courante, et qu'on pourra se procurer les acides et leurs sels à des prix qui puissent rivaliser avec ceux de l'alizarine, c'est-à-dire dès que leur valeur se placera dans les environs de 100 francs le kilog.

Cette nouvelle source de coloration sera des plus riches; en effet, la naphtase, produit de distillation de la nitronaphtaline, colore l'acide sulfurique en bleu violacé; la binitronaphtaline donne dans l'alcool saturé d'ammoniaque un composé cramoisi foncé; la trinitronaphtaline forme avec les alcalis des dissolutions rouges; la naphtylamine produit des sels qui s'oxydent en se colorant en violet, et elle se dissout dans l'acide sulfurique avec une coloration bleue très-vive; la nitronaphtylamine est un alcali rouge carminé; l'azonaphtylamine se dissout dans l'acide sulfurique avec une coloration violette persistante; les thionaphtamates à réactions acides se colorent en rouge; l'acide sulfonaphtalique se décompose en une résine rouge violacée; les chloroxynaphtalates et perchloroxynaphtalates sont des sels de toute beauté, insolubles, aux plus brillantes couleurs; à base de cuivre ils sont cramoisi, à base de plomb, rouge-orangé, à base de cobalt et de cadmium, vermillon; à base de chrome, ils sont rouges. Ces acides se fixent parfaitement avec les préparations en usage aujourd'hui dans la teinture ordinaire. S'il était possible de remplacer dans l'acide chloroxynaphtalique le chlore par son équivalent d'hydrogène, on produirait l'acide oxynaphtalique ou l'alizarine, et cette substitution ne conduirait à rien moins qu'à pouvoir garancer avec les produits de la distillation de la houille.

L'introduction récente de l'aniline comme matière colorable, celle plus ancienne de la murexide comme matière colorée, donnent tout espoir de voir s'accroître considérablement le nombre des matières résultant des transformations opérées dans les laboratoires sur des substances incolores.

L'art de la teinture et celui des toiles peintes en sont arrivés non-seulement à comprendre l'importance de l'étude des matières colorantes qu'on rencontre toutes formées, mais encore à demander qu'on poursuive la préparation de toutes les matières qui décèlent une couleur. Il y a quelques fruits à récolter actuellement partout où se produit une matière colorée, et les difficultés chimiques non plus que la rareté des substances ne peuvent être des obstacles. La murexide et l'aniline, qui ne se voyaient, il y a moins de trois ans, que dans des tubes scellés, comme spécimen de collections, sont des conquêtes industrielles aussi bien sous le rapport de la production sur une grande échelle que sous celui de l'application et de la transformation d'un principe en une matière des plus utiles. Les alcalis organiques doivent étendre considérablement l'avenir de la teinture. Le problème à résoudre ne se place certainement pas sous des auspices plus défavorables que ne l'était celui de la murexide. A côté de l'aniline, un nombre imposant de bases s'offre aux études du chimiste. Nous citerons les alcalis de l'opium, la morphine et la codéine qui produisent du rouge, la narcotine qui donne du vert avec l'acide sulfurique, la nitroméconine qui se colore en rouge avec les alcalis. La strychnine donne du violet; la dissolution nitrique de la brucine est ramenée par le protochlorure d'étain du rouge au violet; la théobromine oxydée colore l'épiderme en rouge et la magnésie en bleu foncé. La sanguinarine se colore en rouge dans les atmosphères acides; la nitronaphtylamine est un alcali rouge-carmin. Les dérivés nitriques de la caféine fournissent un homologue de l'acide urique, l'acide amalique qui se colore en violet sous l'influence des alcalis, et teint l'épiderme en rose très-pur. Enfin la quinine avec l'ammoniaque et de l'eau chlorée fournit une couleur verte, du violet, du rouge, à mesure que le chlore augmente. Les dérivés chlorés des amides quinoniques de Laurent, la quinone et l'hydroquinone seront aussi plus tard utilement employés. Il est vrai que plusieurs des colorations que nous venons d'indiquer sont passagères, d'autres n'existent que dans des véhicules à l'action desquels ne résistent pas les fibres textiles; mais nous verrons plus loin que les méthodes qui permettent de rendre solides les couleurs tirées de l'orseille ne sont plus un secret pour personne; on a rencontré dans l'application de la murexide, de l'acide sulfindigotique, de l'acide sulfopurpurique les mêmes difficultés inhérentes aux obstacles créés par les véhicules; elles ont été surmontées ou tournées

avec habileté. La première entrave viendrait d'abord des prix de la matière; mais à l'origine on n'exigera certainement pas la même pureté que pour les produits que réclame la pharmacie, et les siècles ou mieux les années futures exigeront seules des produits mieux purifiés; l'époque présente recevra des substances tinctoriales complexes desquelles on retirera des produits plus purs, mais qui prendront place dans les arts au même titre que certains extraits, que l'indigo, que le rocou, etc.

Quoi qu'il en soit de l'avenir de la science chimique, lorsqu'on la considère dans son aptitude à la découverte ou à la préparation des couleurs végétales, nous ne pouvons plus actuellement, comme on le faisait autrefois, assimiler une substance tinctoriale à de simples mélanges d'un principe immédiat coloré plus ou moins souillé de matières étrangères. Toutes les expériences exécutées jusqu'à présent tendent au contraire à démontrer une composition généralement beaucoup plus complexe. On peut y rencontrer :

1° Le principe immédiat incolore, ou diversement coloré, générateur du principe utile et coloré (principe colorable) (lécanorine dans les lichens);

2° Le principe colorable (orcine, dans les mêmes matières);

3° Le principe coloré plus ou moins propre à la teinture (orcéine dans l'orseille);

4° Le principe coloré plus ou moins altéré, plus ou moins détruit par suite d'une oxydation, d'une fermentation, d'une hérémacausie plus ou moins prolongée.

Il est évident que le mélange de ces divers principes est essentiellement varié dans les différentes matières employées en teinture; les propriétés caractéristiques de quelques-unes d'entre elles les protégent d'une manière plus ou moins efficace contre toute chance d'altération; l'indigotéine, par exemple, insoluble dans l'eau comme dans les véhicules les plus énergiques, ne passera pas à l'état d'indigo détruit aussi facilement que l'indigo blanc qui se dissout à la faveur d'un alcali et qui peut alors subir la fermentation putride; sous l'une ou l'autre de ces deux formes, il sera toujours moins impressionnable que d'autres matières entièrement solubles dans l'eau. Au reste, il n'est pas toujours également facile d'isoler les substances génératrices du principe colorable, le principe colorable, le principe coloré lui-même et les produits de l'altération de ce dernier; si l'on a pu suivre dans certains lichens, par exemple, la transformation successive de la lécanorine en orcine, et celle de l'orcine en orcéine, rien d'analogue ne s'est offert aux yeux des chimistes qui ont fait des produits de la garance l'objet de leurs études. Dans quelques cas, au contraire, c'est le principe générateur de la matière colorable qui manque; il n'est possible de suivre que la formation de la matière colorée et les produits de son altération. L'indigo blanc se transforme facilement en indigotéine, et bien que les produits de sa destruction ne soient pas connus au point de les formuler ou d'en déduire la composition d'après celle de l'indigo, rien n'est plus simple de prouver, d'après les comptes de fabrication, qu'il existe des produits altérés dans les bains épuisés ou mis hors de service par une fermentation mal conduite.

Quel est le but du teinturier mis en présence d'une matière tinctoriale quelconque? Lorsqu'il existe un principe générateur de la couleur, en opérer la transformation, et si la matière colorable existe toute formée, déterminer les réactions capables de donner naissance au composé coloré. Enfin, lorsque cette dernière s'est produite, l'extraire pour la débarrasser autant que possible des substances étrangères qui souilleraient son éclat, ou détruiraient sa solidité. Dans un grand nombre de cas, une simple décoction, un extrait concentré, un extrait solide sont plus que suffisants pour contenir le

principe coloré sous une forme convenable pour la pratique. Dans d'autres cas, au contraire, il faut avoir recours à des voies détournées dont le choix repose sur une étude approfondie des propriétés caractéristiques de la matière tinctoriale, considérée comme une sorte de minerai complexe, et qui dépend de la nature des principes colorés appréciés à leur plus grand état de pureté.

Il est assez remarquable que les couleurs qu'on a pu jusqu'à présent extraire des diverses substances tinctoriales se soient rapportées aux trois couleurs simples, rouge, bleu et jaune. Les autres couleurs ne sont que des mélanges; par exemple, le rouge orangé est un mélange de rouge et de jaune, le violet un mélange de bleu et de rouge; le vert est formé de jaune et de bleu.

Quelques exceptions à cette règle peuvent néanmoins être citées, surtout parmi certaines couleurs violettes qu'on n'a pas encore décomposées de manière à séparer le principe bleu de la substance rouge. Je veux parler de la couleur dite orseille qu'on retire avec un éclat sans pareil des lichens traités par l'ammoniaque et l'eau. Nous citerons encore l'indisine ou violet d'aniline. Quant aux verts, on est plus avancé. On a pensé tout d'abord que la couleur désignée sous le nom de *lo-kao* et qui s'extrait des nerpruns de Chine, devait être verte et formée de toutes pièces. On l'a dédoublée. La chlorophylle elle-même, qu'on a regardée si longtemps comme un principe unique, s'est transformée de la manière la plus nette entre les mains habiles de M. Frémy en deux nuances élémentaires, l'une jaune, la *phylloxanthine*, l'autre bleue, la *phyllocyanine*.

Tous les autres tons ne sont que les mélanges variés en proportions différentes de rouge, de jaune et de bleu. M. Chevreul a démontré, par exemple (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXXIX, p. 213), que les feuilles du hêtre, de l'épine-vinette, du noisetier pourpre renferment des parties vertes et des parties rouges en proportions variables, qui conduisent aux nuances brunes variées que ces feuilles présentent aux diverses époques de leur végétation; que la giroflée brune des jardins doit sa couleur au mélange de parties jaunes et de parties violettes; qu'il en est de même des fleurs d'iris, d'oreille d'ours, etc., enfin (*Comptes rendus*, t. XLV, p. 397), que les bords bruns des feuilles de *geranium zonale* étaient colorés par un mélange de parties vertes imbibées par un liquide rouge ou violet qui remplit les cellules juxtaposées aux parties vertes : l'alcool permet de les séparer.

Extraction des principes colorants.—Les progrès de la chimie ont conduit facilement le teinturier à faire usage des matières colorées, ramenées par des traitements convenables au plus grand état de pureté. Le tableau que nous avons déjà présenté nous démontre que généralement on a séparé des matières tinctoriales des principes colorables et colorés. Nous ne saurions admettre cependant en principe avec M. Preïsser que toujours existent simultanément un principe incolore colorable duquel dérive la matière utile, quelle que soit sa nuance, et le principe coloré lui-même. Ce qui est vrai pour quelques cas ne l'est pas pour tous, au moins dans l'état actuel de nos connaissances; il est plus général de voir une même substance tinctoriale contenir deux ou trois principes différents et différemment colorés; et la science est parvenue sans trop de peine à les isoler en mettant à contribution deux méthodes qui reposent, l'une sur la solubilité des matières, et l'autre sur leur insolubilité dans l'eau.

Pour séparer les principes colorés ou colorables, on fait usage de méthodes variées suivant la nature des substances qu'on veut isoler, suivant qu'elles sont ou non solubles dans l'eau ou dans tout autre véhicule.

Matières peu solubles.— Après avoir divisé la matière tinctoriale, on la traite par l'alcool jusqu'à ce que ce véhicule n'enlève plus aucune partie soluble. Une portion de la matière colorante se dépose par refroidissement; le reste est soumis à une distillation qui permet de recueillir l'alcool et de séparer un résidu chargé de sucre et de matière grasse qu'on éloigne par des lavages successifs à l'éther et à l'eau chaude. Le principe colorant n'apparaît d'ailleurs avec ses caractères propres que lorsqu'on l'a fait cristalliser plusieurs fois dans l'alcool et qu'on l'a sublimé, s'il supporte sans s'altérer l'action de la chaleur. On peut commencer par épuiser la matière par l'éther et l'eau avant de la traiter par l'alcool. Cette méthode permet de substituer l'esprit de bois, l'acétone, l'acide acétique ou l'acide chlorhydrique à l'esprit-de-vin. Si l'on fait usage d'acide, il faut ne l'employer qu'à l'état de concentration convenable pour ne pas détruire le principe qu'on cherche à séparer.

Matières solubles. — Lorsque le principe qu'on veut isoler est soluble dans l'eau, le procédé le plus simple consiste à traiter par l'eau froide ou tiède les matières tinctoriales convenablement broyées et à plonger dans la liqueur conservée dans des vases bouchés une peau verte gonflée pour absorber le tanin que renferment généralement les infusions aqueuses. La liqueur débarrassée de la matière astringente est précipitée par l'acétate de plomb basique ou le protochlorure d'étain qui se combinent avec la matière colorante. Le précipité lavé doit ensuite être traité par l'hydrogène sulfuré qui forme du sulfure métallique, tandis que la matière colorante est dissoute avec ou sans modification par l'excès d'acide; on la retire par concentration, évaporation dans le vide ou à l'air libre, suivant les propriétés de la substance.

Lorsque la matière résiste à l'action de l'acide sulfurique concentré, il est assez rationnel de traiter la matière tinctoriale par un mélange de quatre volumes d'acide sulfurique concentré et un volume d'alcool; on comprime le magma résultant de la réaction pour en extraire un liquide qui se trouble par l'addition de l'eau en déposant la matière colorée, peu ou point soluble dans ce véhicule acidulé On purifie la matière ainsi préparée par des cristallisations et sublimations répétées. En traitant de la sorte l'indigo, la garance, le quercitron, la gaude, le kermès, la cochenille, on isole une matière colorante, l'acide sulfindigotique, l'alizarine, la lutéoline, la carmine.

Toutes ces méthodes ont pour but d'isoler la matière colorante pour la soumettre aux études du chimiste, lorsqu'il désire en connaître les diverses propriétés. Mais quand on n'a que peu de matières colorantes on procède par voie de teinture, on arrive de la sorte à faire ressortir les différences que présentent entre eux les divers principes colorants; on soumet aux principaux réactifs des échantillons d'étoffes de laine ou de soie teints avec les matières qu'on veut définir. Cette méthode est surtout précieuse pour l'étude des matières qui se fixent directement sans intermédiaire; elle donne des résultats précis dans tous les cas, quand on tient compte des réactions dues à la fibre, aux matières qu'elle contient, aux substances qui ont servi d'intermédiaire pour donner la teinture.

Extraits aqueux. — Nous ne croyons pas devoir insister sur ce point que ces méthodes, applicables avec fruit, pour permettre d'isoler dans les laboratoires les substances tinctoriales qu'on veut soumettre à l'étude en définissant aussi complétement que possible leurs éléments constitutifs, ne pourraient être, aujourd'hui du moins, du domaine de l'industrie. Un jour viendra où des méthodes, même coûteuses maintenant, prendront rang dans les fabriques. Mais on se borne généralement pour beaucoup de celles dont le principe est soluble dans l'eau à les traiter par ce véhicule. On concentre ainsi, dans un liquide peu considérable, le principe utile de ces matières tinctoriales; les bois de teinture principalement sont ainsi débarrassés d'une grande quantité de substances sans valeur. Depuis longtemps on prépare à Paris et dans les environs des *extraits* que le commerce accepte comme un progrès très-sérieux, quoique la décoction ne contienne pas encore les principes à l'état de pureté : la teinture et surtout l'impression ont le droit d'exiger davantage.

Nous pourrons abréger ici ce que nous aurions à dire de la préparation des extraits parce que le premier volume de cet ouvrage a donné sous le titre EXTRAIT des renseignements circonstanciés et précis. Nous aurons à présenter seulement quelques observations en ce qui regarde surtout leur application et les avantages qu'on en peut tirer.

Ainsi qu'on le sait, la préparation des extraits comprend trois opérations distinctes.

On commence par réduire les bois, les écorces, les racines, les graines à l'état de poudre assez ténue pour que ces matériaux puissent abandonner facilement à l'eau les substances solubles dont ils sont chargés; les bois sont avec les écorces les matières premières auxquelles il est indispensable de faire subir cette division; elle se fait à la main ou par des moyens mécaniques; la première méthode, trop coûteuse, est abandonnée presque partout, surtout pour des fabrications quelque peu considérables.

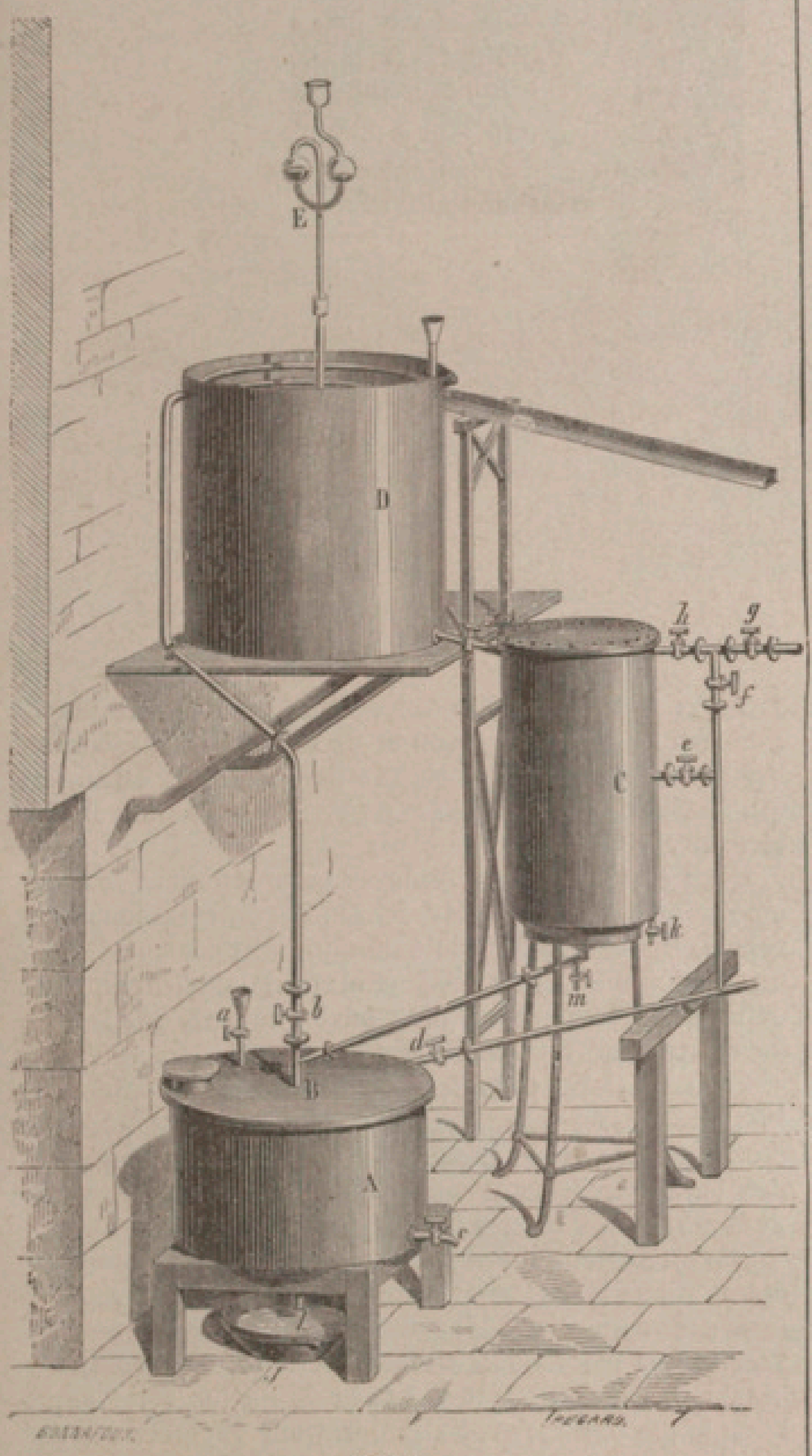
On procède ensuite à l'épuisement de la matière réduite en copeaux ou plus finement broyée, s'il y a lieu. On emploie la décoction dans l'eau bouillante; on aurait une grande économie à faire des lavages méthodiques à chaud en faisant en sorte que le bois neuf soit traité d'abord par une solution presque saturée, tandis que, au contraire, le bois épuisé se trouverait en contact avec de l'eau pure, pour enlever les dernières traces de matières colorantes. Cette installation, presque impossible pour les teinturiers qui préparent eux-mêmes leur décoction, devient, au contraire, très-praticable dans les établissements qui fabriquent des extraits; ainsi comprise, cette disposition systématique présenterait de sérieux avantages.

Dans une fabrique des environs de Paris, cinq générateurs, d'une force de 150 chevaux, alimentent une machine, d'une force de 10 chevaux, qui met en mouvement deux varlopes circulaires; les copeaux sont placés dans des tonneaux rangés en batteries sur des chantiers exhaussés. Les quatre batteries contiennent 300 tonneaux; chaque tonneau reçoit à volonté des jets de la vapeur qui traverse les copeaux, échauffe la masse et se condense en partie sur le bois, en partie aussi sur une capsule plate en cuivre qui fait fonction de couvercle. Un robinet placé dans la partie inférieure permet d'écouler le liquide chargé de matière colorante : on le verse après un repos suffisamment prolongé dans la capsule, où la concentration s'effectue sous l'influence de la chaleur et de l'évaporation à l'air libre.

La concentration termine la fabrication des extraits; elle s'effectue dans des chaudières chauffées à la vapeur. Les extraits concentrés à 30° Baumé sont transvasés dans des pipes placées debout sur des chantiers, dans une pièce isolée servant de rafraîchissoir où ils se déposent; on soutire les liquides froids pour les verser dans des barils bien joints et solidement cerclés; ils sont généralement expédiés dans cet état. Parfois on concentre davantage; on obtient ainsi des extraits durs qui se prennent en masse; mais, au moins pour quelques matières, l'augmentation de la dépense conduit à des produits inférieurs, et, dans ce cas, il n'y a profit ni pour le fabricant ni pour le consommateur.

Les copeaux épuisés servent à l'alimentation des foyers des générateurs de vapeur : les dépôts qu'on tire des pipes de décantation se vendent aux teinturiers de *petit teint*, principalement pour la teinture du coton ; on en jette aussi quelquefois dans les chaudières pour éviter les inconvénients des incrustations dues aux sels calcaires.

La préparation des extraits contribue sans doute à la formation d'une substance résineuse qui n'est pas sans rendre difficile l'emploi de ces matières; elle est retenue dans le liquide avec d'autant plus de facilité que ces extraits sont plus concentrés. A partir de 8 degrés Baumé, les décoctions deviennent des véhicules de plus en plus énergiques qui ne laissent déposer cette résine qu'avec la plus grande lenteur, si la concentration, au delà de cette limite, s'est effectuée sans que le dépôt ait eu le temps de se faire complétement. Il est



3724.

vrai qu'on se débarrasse par un encollage au moyen de la gélatine de cette matière étrangère, mais on perd évidemment une portion des matières utiles qu'on a concentrées. On passe sur cette perte parce que les couleurs qu'on en obtient sont incomparablement beaucoup plus pures. Concentrées de nouveau, ces décoctions redeviennent précipitables par la gélatine. On ignore si la résine ne se forme pas aux dépens de la matière colorante et les circonstances dans lesquelles cette transformation est possible. Des recherches dirigées dans le but de répondre à cette double question au-

raient une grande utilité; elles contribueraient évidemment à fixer l'opinion sur le rôle des agents destructeurs des principes colorés et sur le mode de leurs transformations.

Extraits alcooliques. — On obtient une plus grande pureté dans les extraits alcooliques toutes les fois que la matière colorante est soluble dans l'alcool. Comme ces préparations se répandent de plus en plus, nous croyons utile de faire connaître ici l'appareil proposé par M. Kopp, applicable au traitement des substances tinctoriales, ou par l'alcool ou par l'esprit de bois.

A (fig. 3724) représente une caisse pour recevoir la vapeur d'eau; B est le récipient dans lequel se rassemble la matière colorante extraite par l'alcool ; C un cylindre dans lequel on place la matière tinctoriale ; il contient à l'intérieur un cylindre I qui reçoit la matière enveloppée dans une toile métallique H pour être retirée avec plus de facilité; D est un condenseur à eau froide ; E un tube surmonté d'un appareil à boules renfermant un peu de mercure pour laisser dégager et rentrer un peu d'air, et au besoin dégager un excès de vapeur

Pour opérer l'extraction, on remplit avec soin et en tassant le plus également possible le cylindre métallique de la matière qu'on veut traiter, et qu'on a réduite en fragments assez petits ; quand le cylindre est bien rempli et mis en place (fig. 3725), on étale à sa surface et bien horizontalement une étoffe de laine qu'on recouvre ensuite d'une plaque de tôle percée de trous ; on dispose enfin une rigole qui conduit l'alcool deversé par le robinet *i* vers l'axe central, pour se répandre de là, uniformément, dans toutes les parties du cylindre. Ces précautions sont nécessaires pour obtenir une extraction régulière. Tous les robinets étant fermés, on verse de l'alcool ou de l'esprit de bois dans le grand cylindre, jusqu'à ce que la masse qu'il renferme soit complétement imbibée et que le liquide commence à couler dans le récipient B. On ferme alors bien exactement le cylindre C au moyen du couvercle G, et on ouvre les robinets *d* et *i*; la vapeur d'un générateur arrive dans le cylindre A, porte bientôt l'alcool du vase B à l'ébullition ; la vapeur de l'alcool ne peut s'échapper par *b*; elle se rend en C, et tout en opérant l'extraction de la matière colorante, elle en élève la température.

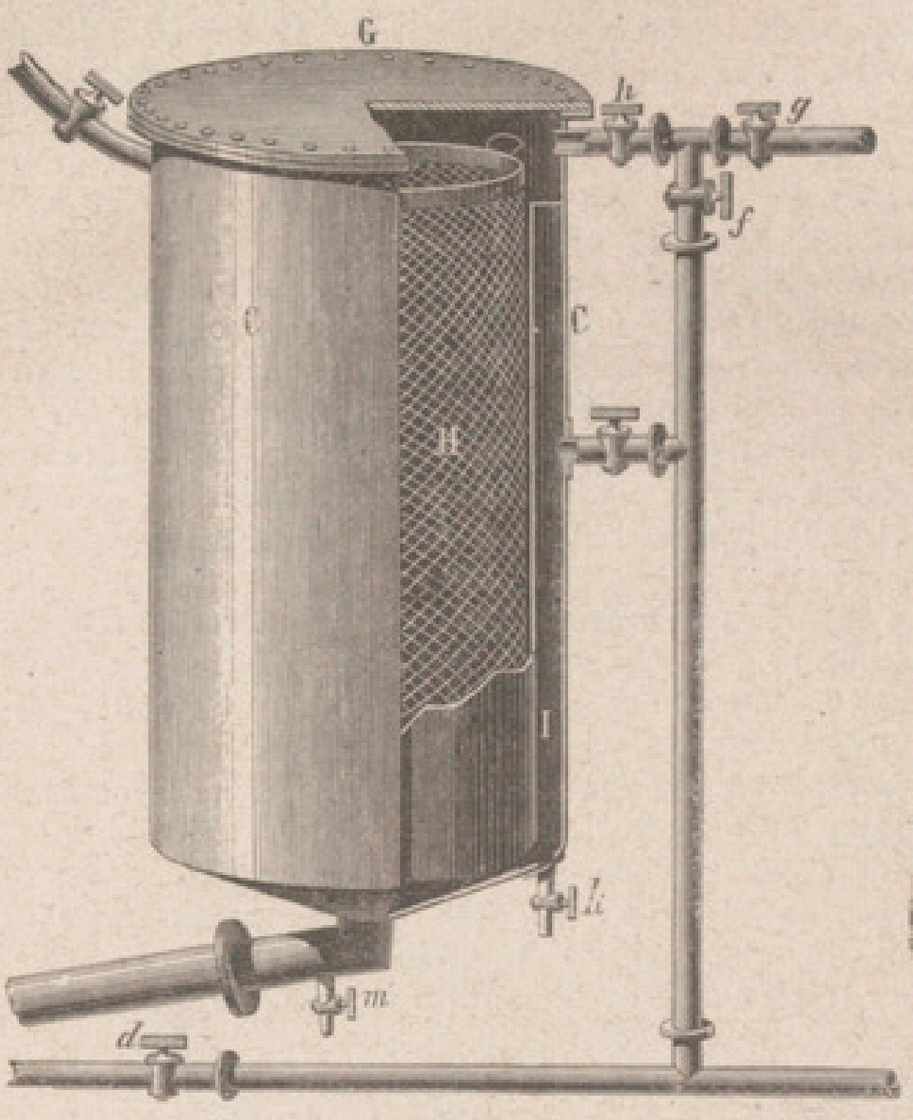
Dès qu'on sent que le robinet *i* s'échauffe, on ouvre le robinet *b*, la vapeur s'y rend et vient se condenser dans le serpentin D, et s'écoule par le robinet *i* pour retomber sur les matières qu'on veut épuiser dans le cylindre H, et dissoudre la substance colorante; l'extrait se rend dans le récipient B, l'alcool s'en dégage pour coopérer à de nouvelles dissolutions.

Il est très-utile d'établir la communication entre B et C, au moins sur une petite longueur, par un tube de verre qui permet de reconnaître l'époque à laquelle la dissolution alcoolique cesse d'être colorée ; à défaut d'un tube de verre, on utilise le petit robinet *m* au moyen duquel on peut examiner à tout instant la nature du liquide qui se rend en B. Quand on juge que l'extraction est complète, on ferme le robinet de vapeur *d*, et en ouvrant *a* et *c* on laisse écouler l'eau de condensation et la vapeur non condensée ; afin d'évacuer l'eau qui peut s'accumuler dans le cylindre A, le robinet *c* doit être ouvert de temps en temps pendant la marche de l'appareil (fig. 3724).

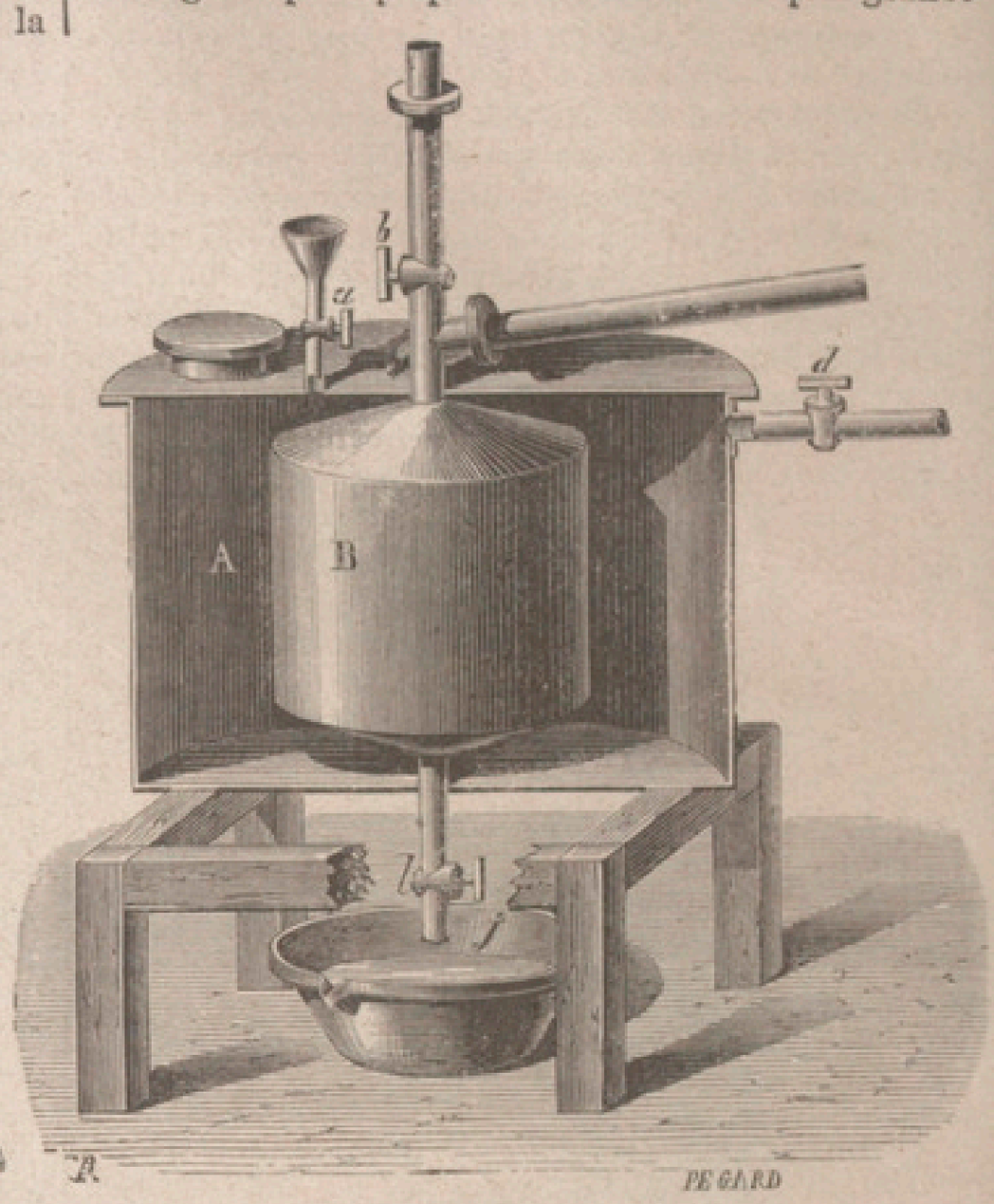
Si pendant l'opération on voulait entretenir une température assez élevée dans le cylindre C pour faciliter la dissolution de la matière colorante, on ouvre de temps en temps un robinet *e* qui admet la vapeur dans l'enveloppe des deux cylindres intérieurs, et le robinet *k* qui rejette l'eau de condensation accumulée dans cette enveloppe.

Quand on a laissé refroidir l'extrait alcoolique con-

tenu dans B, on ouvre le robinet *l* et l'on reçoit la teinture dans un vase approprié *j*. Si le liquide n'est pas trop visqueux à froid, on refroidit, en introduisant de l'eau dans la caisse A par le robinet *a* ; dans le cas contraire, on laisse l'extrait s'écouler pendant qu'il est encore chaud. La fig. 3726 indique les détails de la caisse A et du récipient B.



3725.



3726.

Il reste à recueillir encore l'alcool ou l'esprit de bois qui mouille toujours la matière après son épuisement ; on se sert à cet effet du récipient B comme condensateur ; on ouvre les robinets *e* et *k* après avoir fermé les robinets *b* et *i* ; l'alcool contenu dans le cylindre H se réduit en vapeur et se condense en B, en dissolvant la matière adhérente aux parois, et trop visqueuse pour s'être entièrement écoulée ; on enlève la teinture faible par le robinet *l*. On peut les ajouter à l'extrait ou s'en servir comme alcool pur dans l'opération suivante.

Pour ne pas perdre la vapeur d'alcool que contient encore le cylindre I, on peut ouvrir les robinets *f* et *h* pour faire pénétrer la vapeur d'eau qui dissout l'alcool, de sorte qu'il se condense dans le récipient B un mélange d'alcool et d'eau ; en ouvrant le robinet *l* on écoule cet alcool faible, qui peut en outre contenir les principes solubles à l'eau abandonnés par la matière épuisée.

Lorsqu'on veut rejeter la substance inutile à l'état sec, on laisse fermé le robinet *f*, on ouvre les robinets *h* et *g*, et par un aspirateur ou par un soufflet on force de l'air dans le récipient I. On condense encore une certaine quantité d'alcool. Par la première méthode, la perte en alcool est à peu près insignifiante.

On ouvre alors le cylindre C ; on retire le cylindre en toile métallique H ; on rejette le résidu qu'on remplace par de nouvelle matière ; le récipient B est généralement convenablement nettoyé en faisant l'office de condensateur.

Extraction par voie de teinture. — Nous avons indiqué que les étoffes teintes au moyen d'une substance donnée offraient une méthode rapide et précise pour déterminer les caractères chimiques du principe qui est la cause de la coloration. Cette méthode repose sur l'affinité du tissu pour la matière colorante, affinité suffisante pour enlever au bain de teinture la substance colorée qu'il tient en dissolution.

La pratique a quelquefois recours à des opérations de ce genre pour préparer des bains d'une plus grande pureté : la teinture des soies nous offre l'exemple de l'emploi de tissus de coton et de laine pour dépouiller certaines matières colorantes de principes étrangers qui se fixeraient simultanément sur la soie dont ils altéreraient la vivacité.

C'est ainsi que pour enlever complétement le principe jaune que contient la carthamine, on commence par teindre des écheveaux de coton qu'on traite ensuite par un bain alcalin pour les décolorer : la matière qui est déposée sur le coton est plus pure que celle que le bain de teinture aurait fournie directement.

C'est ainsi que pour teindre la soie par l'acide sufo-indigotique, en commence quelquefois par teindre des étoffes de laine ; ces laines teintes sont décolorées dans des bains qui servent ensuite à passer les soies qu'on veut colorer en bleu tendre.

Dans ces deux cas, les teintures intermédiaires, sur coton et sur laine, sont essorées, rincées, essorées de nouveau, comme s'il s'agissait de pièces propres à livrer. Il est convenable de se servir des mêmes tissus autant de fois qu'on le peut, et de ne les rejeter que lorsque ces teintures et décolorations répétées les ont mis hors d'usage.

On comprend que cette méthode nécessitant quelques dépenses de main-d'œuvre s'applique surtout à la teinture des soies qui peuvent supporter des frais plus considérables que la laine et le coton.

Essai des matières colorantes. — Quel que soit l'état sous lequel se présentent au fabricant les substances tinctoriales dont il fait usage, il est pour lui de la dernière urgence d'en poursuivre la vérification, tant pour reconnaître les fraudes auxquelles le fournisseur n'a pas craint d'avoir recours afin d'augmenter ses bénéfices, que pour reconnaître la perte qu'

l'un ou l'autre doit subir en raison des altérations que le temps ou les circonstances dans lesquelles les matières tinctoriales ont été placées ont fait éprouver à celles-ci. La science offre au consommateur diverses méthodes précieuses pour reconnaître le degré de pureté des matériaux qu'il met en œuvre et la richesse comparative des éléments dont il a fait acquisition : d'après les unes, on évalue par un procédé physique ou chimique la valeur réelle de la matière colorante contenue dans une substance donnée; d'après les autres, au contraire, on se livre à des essais pratiques exécutés sur une petite échelle, qui décèlent la quantité de la matière vendue, son éclat, sa richesse et sa solidité.

Principe du colorimètre. — Il est évident que deux substances tinctoriales de même espèce, mais inégalement chargées de principe colorant, donnent, employées à poids égal avec des volumes égaux de dissolvants, des colorations d'intensités proportionnelles à la quantité de matière colorante qu'elles renferment. Pour apprécier la différence qui existe dans l'intensité de deux liqueurs colorées, M. H. Labillardière introduit les liqueurs dans des tubes gradués sur la même échelle, il les place dans une boîte disposée convenablement, il étend d'eau la plus forte jusqu'à ce qu'elle soit ramenée au ton de la plus faible; il détermine ainsi le rapport qui lie les deux matières colorantes en essai.

Voici textuellement, d'après M. Labillardière, la description de l'appareil et la manière de s'en servir.

« Le colorimètre se compose de deux tubes de verre bien cylindriques, de 14 à 15 millimètres de diamètre, et de 33 centimètres de longueur environ, bouchés à leur extrémité, égaux en diamètres et en épaisseur de verre, divisés dans les cinq sixièmes de leur longueur, à partir de leur extrémité bouchée, en deux parties égales en capacité, et la seconde portant une échelle ascendante divisée en 100 parties; ces deux tubes se placent dans une petite boîte de bois par deux ouvertures pratiquées l'une à côté de l'autre à la partie supérieure, et près d'une des extrémités à laquelle se trouvent deux onvertures carrées du diamètre des tubes, pratiquées en regard de leur partie inférieure, tandis qu'à l'autre extrémité se trouve un trou circulaire par lequel on peut voir la partie inférieure des tubes en plaçant la boîte entre son œil et la lumière, et juger très-facilement par cette disposition la différence ou l'identité de nuance de deux liquides colorés introduits dans les tubes.

« Après avoir traité ou dissous comparativement dans l'eau ou toute autre liqueur convenable, on n'introduit de ces dissolutions dans les tubes du colorimètre que jusqu'au 0 de l'échelle supérieure; on les place ensuite dans la boîte par les deux ouvertures pratiquées à cet effet, et après avoir comparé leur nuance, si l'on trouve une différence, on ajoute de l'eau à la plus foncée, et si l'on agite ensuite le tube après avoir bouché l'ouverture avec le doigt, si après cette addition d'eau on remarque encore une différence, on continue d'en ajouter jusqu'à ce que les tubes paraissent de la même nuance. On lit ensuite sur le tube dans lequel on ajoute l'eau le nombre des parties de liqueur qu'il contient. Ce nombre, comparé au volume de la liqueur contenue dans l'autre tube (100), indique le rapport entre le pouvoir colorant, ou la quantité relative des deux matières tinctoriales, et si, par exemple, il faut ajouter à la liqueur la plus intense 25 parties d'eau pour l'amener à la même nuance que l'autre, le rapport en volume des liqueurs contenues sera dans ce cas comme 125 : 100, et la qualité des matières colorantes relative sera représentée par le même rapport puisque la quotité de ces matières est proportionnelle à leur pouvoir colorant. »

Cette méthode exige certaines précautions, suivant

la nature de la coloration du liquide rouge, jaune ou bleu; le grand reproche qu'on peut lui faire, c'est d'exiger que les matières mises en expérience soient dans un même état et d'une grande pureté. Quelques exemples vont en fournir la preuve; évidemment ce procédé ne peut accuser les différences *réelles* présentées par des mélanges de principes colorés différents; on sait que certaines colorations d'intensité considérable se détruisent par un simple phénomène physique lorsqu'on les mélange. On serait exposé sans contredit à ne pas croire chargée de cobalt une liqueur qui pourrait en contenir beaucoup si l'oxyde de nickel s'y trouvait simultanément mêlé dans des proportions déterminées. On sait que c'est sur ce même principe que repose la décoloration des verres à vitres par l'oxyde de manganèse; le verre naturellement coloré par l'oxyde de fer en vert clair perd cette nuance si l'on introduit une coloration rose par une addition d'oxyde de manganèse.

Procédés chimiques. — Les procédés chimiques qui peuvent remplacer avantageusement la méthode du colorimètre offrent une plus grande exactitude que ce dernier moyen d'essai. Les uns sont directs, les autres indirects.

Les moyens directs reposent sur l'emploi de méthodes qui ressemblent à celles qu'on suivrait pour préparer à l'état de pureté les matières utiles. Suivant les caractères de la matière, on la fait dissoudre dans un véhicule convenable (eau, alcool, éther, acide acétique, suivant les cas); on filtre, puis on évapore pour peser le résidu qu'on regarde comme proportionnel à la valeur réelle de la substance tinctoriale brute ou purifiée; ou bien on fait une décoction de la matière en essai; on traite la dissolution limpide par un sel de plomb ou d'étain qu'on lave et qu'on pèse pour le brûler, afin de tenir compte, par le poids des oxydes de plomb ou d'étain qui restent, de la quantité de la matière organique disparue. Cette dernière est regardée comme proportionnelle à la richesse de la matière en expérience.

Ces méthodes, disons-le, ne sont pas rigoureuses; la première détermination est inexacte, car il peut y avoir altération du produit coloré; d'ailleurs on dissout avec la matière colorante le sucre, la gomme, les matières grasses qui lui sont associées; la seconde, erronée de même, ne peut donner que des indications approximatives; car le tanin, les phosphates, silicates, etc., et d'autres matières étrangères, sont précipités comme les substances qu'on veut doser par les sels d'étain et de plomb. Nous ferons le même reproche à la méthode qui consiste à traiter par un véhicule convenable jusqu'à complet épuisement un poids égal de chacune des matières à titrer, et à comparer les poids des résidus desséchés au même point, à 100° par exemple, dans une étuve de Gay-Lussac. On commet ici l'erreur de regarder comme matière colorante toutes les parties solubles qui sont associées à cette dernière.

Les moyens indirects reposent sur deux principes différents :

a. On fait une dissolution de la matière contenue dans un poids convenu de substance; on la décolore par une liqueur titrée de chlore ou de chlorure de chaux. Connaissant le volume de chlore nécessaire pour décolorer complétement une dissolution connue de la matière colorante pure, on apprécie la richesse de l'échantillon soumis à l'essai.

b. On incinère un poids déterminé de la substance dont on veut apprécier la valeur; on compare le poids du résidu au poids que donne la matière normale. On suppose que les végétaux venus dans un même terrain, ou que les insectes provenant d'une source identique doivent laisser une même quantité de cendres.

On objecte à ces deux procédés, pour le premier qu'il ne permet pas de déterminer exactement la nature des mélanges de deux matières colorantes différentes de puissance variée ; et pour le second, que, pris isolément, s'il peut donner des indications utiles, il ne peut être d'un secours absolu.

Procédés pratiques. — De tous les moyens employés pour reconnaître la valeur réelle des substances tinctoriales ou les fraudes par lesquelles elles ont été modifiées. celui qui fournit les plus utiles renseignements st, sans conteste, celui qui, plaçant l'industriel dans es conditions de l'emploi qu'il veut faire, lui permet de déterminer de suite la valeur réelle de la matière qu'il étudie. Non-seulement on peut juger de la qualité d'une garance donnée par la vue des nuances qu'on en peut obtenir, mais il est encore facile avec un peu d'habitude de déterminer sa valeur tinctoriale, en opérant avec des poids déterminés la teinture de surfaces convenues et comparant la vivacité, la richesse, l'éclat des nuances avec celles produites au moyen de garances normales employées sous des poids variés. On établit ainsi des types auxquels on rapporte les essais. Nous aurons occasion de revenir sur ce sujet en parlant plus loin des garances du commerce.

§ VIII. Des substances tinctoriales

et des principes colorables ou colorés qu'elles contiennent.

Quel ordre suivrons-nous pour l'étude de ces diverses matières? Les rangerons-nous par groupes naturels, présentant de l'analogie dans leur manière d'être soit au point de vue de leur composition chimique, soit au point de vue de leur origine? Les classerons-nous par couleurs, c'est-à-dire d'après les nuances que ces principes fournissent dans leur application à l'art de la teinture? La première méthode conviendrait mieux assurément dans des leçons de chimie pure; la seconde nous semble préférable dans un article sur la teinture, et c'est celle que nous adopterons. Toutefois, nous devons dire que ce travail ne comporterait pas, sans des développements trop considérables, l'étude complète de chacun des principes colorants que nous avons mentionnés. Il ne rentre pas dans le cadre que nous nous sommes tracé de faire un travail *ex professo,* ni de rien répéter de ce qui se trouve déjà décrit dans ce Ditionnaire au titre spécial des diverses matières tinctoriales antérieurement traitées. Nous croyons devoir nous borner à renvoyer le lecteur aux articles GARANCE, INDIGO, etc., déjà publiés. Nous n'aurons à développer que les points nouveaux ou les faits que l'industrie a cru pouvoir enregistrer depuis l'époque à laquelle a paru le deuxième tirage du *Dictionnaire des Arts et Manufactures* (1855). On a d'ailleurs fait, dans ces dernières années, des conquêtes importantes, comme on pourra le voir par l'exposé que nous allons présenter.

Classification de M. Chevreul.

La méthode que nous allons suivre à l'effet de classer les couleurs repose sur les procédés mis en relief par M. Chevreul pour nommer et définir les couleurs. D'après M. Chevreul, toutes les couleurs se suivent dans un ordre circulaire rouge, violet, bleu, vert, jaune-orangé. Ce serait ici le lieu de placer une analyse étendue de la construction hémisphérique de M. Chevreul; mais comme elle est présentée dans ce Dictionnaire, CONTRASTE SIMULTANÉ DES COULEURS, nous nous bornerons, en renvoyant le lecteur à cet article, à donner ici quelques détails qui font comprendre comment on a pu passer de la construction hémisphérique aux tables chromatiques dont la pratique est facile à saisir.

Couleurs pures. — On sait que toute couleur est *mple* ou *composée, franche* ou *éteinte,* c'est-à-dire *pure rompue,* comme on le dit en peinture ; *vive* ou *rabattue,* comme on le dit en teinture. Comment M. Chevreul propose-t-il de comparer et de définir les couleurs et leurs modifications? On suppose un cercle : on le partage en trois parties égales par trois rayons; à l'extrémité de l'un quelconque de ces trois rayons, on écrit *rouge;* à l'extrémité du rayon de droite, on écrit *jaune;* à l'extrémité de celui de gauche, on écrit *bleu.* On partage de nouveau chacun des intervalles ainsi formés par de nouveaux rayons qui se nomment *orangé,* entre le rouge et le jaune ; *vert,* entre le jaune et le bleu ; *violet,* entre le rouge et le bleu. En partageant encore en deux chacun des six espaces formés, on obtient le *rouge-orangé, l'orangé-jaune,* le *jaune-vert,* le *vert-bleu,* le *bleu-violet* et le *violet-rouge.* On divise alors chacun des intervalles cités en six parties égales en remplissant par exemple la première à partir du rayon sécant rouge avec du rouge, les cinq autres par des mélanges convenablement composés de rouge et de jaune pour permettre le passage insensible et toujours par équidistances d'une couleur à sa voisine; les cinq espaces en question prennent les noms de premier rouge, deuxième rouge, troisième rouge, quatrième rouge, cinquième rouge; on continue de la même manière pour toutes les autres couleurs.

Le cercle primitif se trouve donc remplacé par un nouveau cercle formé de soixante-douze parties angulaires égales, ayant toutes leur angle le plus aigu sur le centre du cercle et nommées invariablement. On conçoit que toute couleur simple ou composée, mais *pure,* c'est-à-dire sans mélange de gris, se trouvera forcément correspondre à l'un quelconque des soixante-douze types primitifs en supposant qu'elle ne soit pas comprise entre deux types consécutifs. Les nuances sont d'ailleurs assez rapprochées pour que ce cas ne se présente que rarement. On peut, au surplus, faire l'intercallation par 1/2, 1/3, 1/4, etc.

Couleurs rabattues. — Les couleurs *rabattues* sont, de même, définies au moyen de types ou de normes qui s'établissent avec la plus grande facilité. A cet effet, on suppose placé sur chacune des couleurs préparées dans le premier cercle un quart de cercle perpendiculaire au plan du premier. Supposons-le divisé par des rayons équidistants en dix parties égales ; on obtient dix espaces qu'on remplit du ton qui leur correspond modifié pour le premier par $\frac{1}{10}$ de noir, pour le second par $\frac{2}{10}$ de noir, pour le troisième par $\frac{3}{10}$ de noir et ainsi de suite jusqu'au dernier, ou $\frac{10}{10}$ de noir qui donne le *noir pur.*

Pour l'exécution pratique de la construction chromatique hémisphérique, on la réduit à dix cercles chromatiques. Le premier comprend les couleurs pures, le deuxième cercle contient les gammes rabattues par $\frac{1}{10}$ de noir ; le troisième, celles rabattues, porte $\frac{2}{10}$ de noir, etc.

Couleurs dégradées. — Toutes les couleurs pures ne sont pas également intenses, la puissance de la coloration peut être atténnée par du blanc. M. Chevreul indique la hauteur de la couleur par la distance de cette couleur au centre du cercle et voici comment : on a marqué sur l'un quelconque des rayons qui séparent les soixante-douze nuances vingt et un points également espacés, et par ces vingt et un points on fait passer vingt et une circonférences, qui divisent en vingt-deux espaces toutes les bandes angulaires correspondantes aux soixante-douze nuances. Pour remplir chacune de ces divisions, on suppose toutes les nuances dégradées de telle façon que le centre étant blanc, le premier espace est légèrement teinté, le deuxième un peu plus, le troisième encore davantage, jusqu'au vingtième qui est près du noir. Toutes ces couleurs sont encore équidistantes au point de vue de l'effet qu'elles produisent sur l'œil. La première division est marquée 0, c'est le blanc ; la dernière est le

noir, elle est marquée 21. L'ensemble de cette dégradation se nomme *gamme;* il y en aurait donc soixante-douze dans le cercle complet. Les parties de cette gamme se nomment *tons;* le ton compris entre la première et la seconde circonférence se nomme le *premier ton;* celui composé entre la seconde et la troisième circonférence se nomme *deuxième ton*, et ainsi de suite.

On voit que cette méthode se rapproche beaucoup de celle en usage en géométrie pour déterminer la position d'un point dans l'espace, lorsqu'on la rapporte à un système de trois axes perpendiculaires entre eux.

On peut commencer indifféremment l'étude des couleurs par l'une ou l'autre nuance simple. Nous présenterons d'abord les caractères des matières tinctoriales propres à fournir le rouge, en passant aux matières bleues, puis aux matières colorantes jaunes. Nous les grouperons sans avoir égard à leur origine animale ou végétale, comme aussi sans nous astreindre à d'autre ordre que leur nuance, qu'elles se développent soit par des transformations de laboratoire, soit simplement par le traitement du bois, de l'écorce, des racines ou des fleurs des végétaux employés dans les bains de teinture.

Il semble admis en principe aujourd'hui que les noms des matières pures qui donnent leur valeur aux substances tinctoriales doivent dériver du nom de la substance elle-même qu'on termine en *ine*, lorsque le principe est colorable (*orcine*) et en *éine* lorsque la matière est colorée (*orcéine*). Nous adopterons cette nomenclature : si leur caractère est acide on termine leur nom par *ique* (acide *carthamique*, acide *fuchsique*). Pour établir l'uniformité dans le langage, nous ne ferons que de rares exceptions en faveur des principes par trop connus pour être désignés sous de nouveaux noms.

1. Cochenille (*carméine*).

On peut recourir à l'article cochenille de ce Dictionnaire pour apprendre à connaître les diverses variétés de cochenille que le commerce présente. Leur usage et la récolte de cette substance tinctoriale sont aussi suffisamment expliqués pour que nous n'y revenions pas. Nous ferons la même observation en ce qui regarde le kermès ; nous n'aurons plus qu'à décrire ici les caractères chimiques de la matière colorante qui se trouve dans ces diverses substances tinctoriales, matière que MM. Pelletier et Caventou nommaient *carmine* et à laquelle elles doivent leur emploi dans les arts. Nous la nommerons *carméine*.

Carméine.— Lorsqu'après avoir fait macérer la cochenille dans l'éther, pour la priver de quelques matières grasses qui l'accompagnent, on la traite par l'alcool à diverses reprises, il se dépose par refroidissement une matière grasse d'une très-belle couleur rouge. A ce dépôt se réunissent des cristaux qui se forment sous l'influence d'une évaporation plus prolongée. Préparée de cette manière la carméine renferme encore un peu de matière grasse ; pour l'en dépouiller complétement on la fait redissoudre dans de l'alcool à 40 degrés, puis on y ajoute un même volume d'éther ; le mélange se trouble d'abord, s'éclaircit ensuite, et la carméine pure se dépose au bout de quelques jours sous forme d'une poudre rouge qui tapisse les parois du vase.

La carméine est une poudre fusible à 40°. Très-soluble dans l'eau, insoluble dans l'éther, elle ne se dissout bien que dans l'alcool étendu. Le tanin, l'albumine et la gélatine ne troublent pas sa dissolution. Si les acides qui coagulent l'albumine semblent la précipiter, cette réaction est due à la présence des matières animales dont elle n'a pas été complétement dépouillée.

La plupart des acides font virer sa couleur au rouge vif, au rouge jaunâtre, puis au jaune, sans que la carméine soit altérée, s'ils ne sont pas concentrés. L'acide borique ne fait que la rougir, en se comportant comme une base de peu d'énergie.

La potasse, la soude et l'ammoniaque la virent au violet-cramoisi, sans l'altérer, au moins à l'abri du contact de l'air et sans le secours de la chaleur.

La baryte et la strontiane ne la précipitent pas ; la chaux forme une laque violette. L'alumine en gelée précipite toute la carméine de l'eau qui la contient. A froid, sa combinaison est d'un très-beau rouge, mais à chaud elle devient cramoisie, puis violette. La présence des alcalis maintient la couleur éclatante, tandis que quelques gouttes d'acide font virer au violet. Le protochlorure d'étain agit sur la carméine comme une base, le bichlorure comme un acide. Les sels neutres d'ammoniaque, de potasse, de soude font virer au violet ; les sursels de ces bases conduisent à l'écarlate, sans qu'il y ait de précipité dans aucun cas. Les sels de baryte, de strontiane, de chaux la font passer au violet ; le sulfate de chaux seul précipite la carméine. Le nitrate de mercure la précipite en écarlate. Le nitrate d'argent paraît être sans action sur elle.

Le chlore fait jaunir la carméine ; l'iode la décompose pareillement. Il en est de même de l'acide sulfurique concentré qui la transforme en une matière noire. L'acide chlorhydrique la modifie ; et sous l'influence de cet acide, il se forme une sorte de résine jaune, amère ; sous l'action de l'acide nitrique, la carméine se transforme en une matière cristallisée dont la composition n'est pas encore déterminée. A chaud, sous l'influence simultanée de l'oxygène et des alcalis, sa décomposition est prompte, la couleur passe du violet au rouge et du rouge au jaune.

M. Preïsser a démontré que la carméine résulte de l'altération d'un composé particulier non coloré. Pour l'obtenir, on épuise de la bonne cochenille par l'éther, puis on en fait une forte décoction dans l'eau qu'on traite par l'oxyde de plomb hydraté qui forme avec la matière colorante un précipité volumineux. Ce dépôt est traité par l'hydrogène sulfuré, et la liqueur limpide laisse déposer en refroidissement des cristaux incolores qui deviennent entièrement blancs par des lavages à l'éther et des pressions entre des doubles de papier joseph. C'est ce corps qui prendra le nom de *carmine*.

Le principe incolore duquel dérive la carméine est d'une odeur désagréable. Soluble dans l'eau et l'alcool, peu soluble dans l'éther, il se colore lentement au contact de l'air ; sa dissolution devient d'un jaune-rouge sur les bords par l'ébullition ; elle se colore et dépose par la concentration de magnifiques flocons du carmin le plus pur. Lorsqu'on la fait bouillir avec du bichromate de potasse, il se forme une liqueur rouge qui ne tarde pas à laisser un résidu formé de carmine et d'oxyde de chrome.

Le principe incolore rougit par l'action des acides, surtout par l'action de l'acide nitrique ; il y a dissolution ; les alcalis le colorent de suite en rouge-violet. L'acétate de plomb donne un précipité blanc qui devient d'un bleu foncé par suite de son exposition à l'air.

L'action de la chaleur altère la carmine sous quelque état qu'on la considère ; elle se décompose sans se volatiliser. Les produits de son altération sont ammoniacaux.

La cochenille est employée dans les arts à l'état brut ; on n'en fait pas d'autres préparations que celles du carmin qu'on confectionne pour les besoins de quelques industries.

Lorsqu'on fait des teintures communes, on remplace, comme on le sait, la cochenille par le kermès ou la lake-lake, ou bien encore la lake-dye.

2. Kermès (*carméine*).

Le kermès est le corps desséché de quelques espèce de *coccus;* les plus estimés sont le *coccus quercus*, l

coccus polonicus et le *coccus uva ursi*. Le bon kermès est rouge foncé, plein, d'une odeur agréable. Sa matière colorante a les propriétés de celle de la cochenille. Son usage a beaucoup diminué depuis la découverte de l'Amérique, c'est-à-dire depuis l'introduction du coccus cacti.

Avec le sel d'étain par le procédé employé pour la cochenille, on obtient un écarlate presque aussi beau que celui que donne la cochenille elle-même.

3. Lake-lake (*carméine*).

La *lake-lake* ou lake de *résine lake* résulte du lavage de la résine pulvérisée par de l'eau bouillante légèrement alcalinisée par de la soude. On précipite par l'alun, de l'alumine, la résine et la matière colorante. L'alumine forme un sixième du poids total de la matière ; la résine forme un tiers du produit.

4. Lake-dye (*carméine*).

La lake-dye est une résine analogue à la précédente, mais la matière colorante n'y est pas complétement insoluble dans l'eau : on la met en liberté par un traitement acide : on emploie les mordants d'étain pour faire adhérer le principe dissous qui n'est que de la carméine. La lake-dye est assez employée ; les progrès de la teinture en répandront l'usage ; c'est pour cette raison que nous l'avons indiquée.

5. Samadra indica (*samadérine*).

C'est au même titre que nous mentionnons ici l'existence d'un principe amer dans l'écorce et les fruits du *samadra indica*, arbre qui vient dans l'île de Java ; ce principe amer est accompagné d'une huile et d'une résine ; il a reçu le nom de *samadérine*. On pourra peut-être utiliser un jour ses dérivés, si l'on parvient à leur donner une certaine solidité.

Samadérine. — Pour obtenir le principe amer du samadra indica, on traite la substance par l'eau, on évapore jusqu'à consistance sirupeuse, et l'on reprend par de petites quantités d'alcool qui laissent la samadérine insoluble ; en dissolvant de nouveau dans l'eau et décolorant par le noir animal, on obtient la matière à l'état de pureté. La samadérine est neutre, blanche, sous forme de feuilles cristallines, mais elle donne avec l'acide sulfurique une coloration rouge violet qu'il serait intéressant de rendre persistante. Elle n'est pas volatile.

6. Graine de gremil (*lithospermine*).

Nous transcrivons ici les résultats des recherches de MM. Ludwig et Kromayer sur une matière colorante rouge d'une nature résineuse, sans usage jusqu'aujourd'hui, mais qui peut être utilisée puisque l'écorce du gremil (*lithospermum arvense*) forme un peu plus du cinquième du poids total de la racine. Cette matière est peut-être destinée, sous peu de temps, à prendre rang parmi les substances tinctoriales.

Lorsqu'on traite par l'alcool à 80 degrés additionné d'un peu d'acide acétique l'écorce de la racine du lithospermum arvense, on obtient, en séparant l'alcool par distillation, un résidu aqueux duquel se sépare une résine noirâtre. On sépare cette résine par le filtre pour l'agiter avec l'éther ; au bout de quelque temps le liquide qui surnage se colore en gris bleu ; en évaporant, on remarque une coloration passagère qui conduit à une résine noire.

Lithosperméine. — La dissolution alcoolique de cette dernière devient d'un beau bleu par l'addition d'un alcali ; nous l'appellerons *lithosperméine*. L'acide sulfurique concentré la dissout et la colore en rouge ; une addition d'eau provoque un dépôt de résine avec coloration verte. L'acide nitrique la détruit complétement, le carbonate de soude la dissout très-peu ; la dissolution se colore en bleu. En ajoutant un peu d'acide sulfurique, le mélange devient d'un beau rouge, dû sans doute à la matière floconneuse qui se sépare et qui se dissout dans l'alcool et dans l'éther. En comparant cette matière à l'anchuséine que MM. Boley et Widler ont trouvée dans l'*alkanna tinctoria*, MM. Ludwig et Kromayer ont vu que ces deux principes se comportent de la même manière avec l'eau, l'alcool et l'éther, mais la lithosperméine se dissout dans l'éther avec coloration bleue, tandis que l'anchuséine se dissout avec une coloration rouge.

D'après M. Kopp, la lithosperméine semble n'être autre chose qu'une huile éthérée résinifiée.

7. Garance (*alizarine, purpurine, xanthine*).

La garance est sans contredit l'une des matières colorantes les plus précieuses que l'on connaisse, tant à cause de sa solidité que par suite de la grande variété des nuances qu'elle peut produire avec les diverses préparations auxquelles on soumet les matières textiles. C'est la racine d'une plante de la famille des rubiacées (*Rubia tinctorum*).

Caractère des racines de garance. — On trouvera dans ce Dictionnaire, à l'article GARANCE, tous les détails les plus précis sur les variétés, la culture, la préparation des garances employées dans les arts ; la composition sous le rapport chimique, les diverses préparations qu'on a proposées pour concentrer sous le plus petit volume possible le principe utile de ces racines sont exposées également avec méthode. Nous n'aurons donc pas à les reproduire ; nous les compléterons par l'indication sommaire des principaux composés que les chimistes, qui se sont occupés de l'examen des garances ont extraits de cette matière tinctoriale, l'*alizarine*, la *purpurine* et la *xanthine*. La xanthine n'a pas reçu d'application. Les couleurs qui proviennent de la purpurine ne semblent pas avoir toute la solidité désirable ; l'alizarine seule est donc la véritable richesse de la racine des rubiacées. C'est sur elle qu'ont porté tous les efforts des fabricants pour l'isoler et la concentrer ; c'est sa présence qui doit fixer la valeur réelle du produit.

Alizarine. — L'alizarine se présente à l'état de pureté sous forme de petites aiguilles d'un rouge orangé, inodore, insipide, peu soluble dans l'eau pure à froid, plus soluble à chaud. La dissolution, rosée d'abord, passe bientôt au rouge brunâtre. Les dissolutions acides n'en dissolvent pas ; on fait usage dans la pratique de craie pour faciliter la dissolution ; l'alcool et l'éther les dissolvent en se colorant en rouge et en jaune.

L'alizarine donne des dissolutions couleur pensée par sa combinaison avec les alcalis solubles, soude, potasse, ammoniaque ; ces dissolutions précipitent en bleu par les eaux de chaux, de baryte, de strontiane. L'acide sulfurique concentré la dissout complétement ; la solution rouge brun précipite abondamment par l'eau l'alizarine sous forme de flocons jaunâtres, sans altération dans leur composition. La chaleur la fait fondre et sublimer. Peu soluble dans une dissolution d'alun, elle se distingue de la purpurine qui s'y dissout parfaitement.

La méthode la plus convenable pour obtenir l'alizarine est celle de MM. Robiquet et Colin. La garance est traitée par les 2/3 de son poids d'acide sulfurique concentré ; on ajoute l'acide par petites proportions, en remuant, pour éviter une trop forte élévation de température. On laisse le tout au repos pendant quelques jours ; pendant ce traitement les matières étrangères à l'alizarine sont charbonnées et l'alizarine dissoute. On sépare par des lavages le charbon sulfurique qui retient en mélange l'alizarine déposée par sa séparation de l'acide au moment où l'on a versé l'eau sur le mélange. Le résidu, lavé légèrement avec de l'alcool froid pour séparer quelques matières grasses, est épuisé par l'alcool chaud qui dissout l'alizarine.

Purpurine. — La purpurine ressemble par son aspect à l'alizarine ; sa couleur est seulement plus foncée, elle tire un peu plus sur le rouge. L'éther en dissout à peine ; la solution évaporée dans le vide laisse des cristaux les uns ponceau clair, les autres ponceau foncé. Elle se dissout dans l'eau plus facilement que l'alizarine. L'ammoniaque, la potasse, la soude donnent avec ce principe des composés de couleur groseille, qui sont précipités en rouge par les eaux de baryte, de strontiane et de chaux.

La dissolution de la purpurine dans l'acide sulfurique est d'un rouge plus vif que celle de l'alizarine ; l'eau la précipite sous forme de flocons d'un jaunâtre foncé.

L'alun dissout la purpurine en donnant une liqueur rose d'une très-belle nuance. La purpurine est très-fusible, et donne, par le refroidissement, une masse à cristaux radiés ; elle se volatilise, et les cristaux qui se condensent sont plus foncés que ceux d'alizarine sublimée. Traitée par l'ammoniaque, la purpurine distillée donne une dissolution d'un rouge violacé très-vif.

Pour obtenir la purpurine, on lave la garance à grande eau, et on la traite ensuite par une dissolution d'alun dans l'eau distillée. Cette dissolution, qui formerait avec le carbonate de soude ou l'ammoniaque une laque rose, précipite par l'acide sulfurique de la purpurine qu'on purifie soit par sublimation, soit par des cristallisations répétées dans l'alcool.

La purpurine donne des couleurs plus rosées que celles extraites de l'alizarine, mais elles sont moins solides.

Xanthine. — M. Kuhlmann a donné le nom de xanthine à la matière colorante jaune de la garance ; elle se présente sous forme d'extrait de couleur orangée foncée, très-soluble dans l'alcool et dans l'eau ; elle ne se dissout que faiblement dans l'éther ; les acides la font virer au jaune citron, les alcalis à l'orangé rougeâtre.

L'acide sulfurique précipite de sa dissolution une poudre verte qui ne se dissout pas dans l'eau. C'est elle qui communique à la garance son odeur particulière ; elle possède une saveur légèrement sucrée avec un arrière-goût amer. Si les sels métalliques ne la précipitent pas de ses dissolutions, elle donne, avec certains oxydes métalliques, des laques rouges ou roses très-brillantes.

Pour préparer la xanthine, on évapore à siccité l'extrait alcoolique de la garance, puis on le fait digérer avec l'eau froide qui ne dissout que la xanthine ; elle entraîne une matière étrangère qu'on précipite avec l'acétate de plomb. On filtre, et dans le liquide clair on ajoute de l'eau de baryte en léger excès ; on obtient un dépôt formé d'oxyde de plomb et de xanthine. Ce dépôt est lavé par de l'eau chargée de baryte ; on ajoute de l'acide sulfurique qui transforme l'oxyde de plomb en sulfate de plomb ; on sature exactement par de la baryte l'excès d'acide sulfurique, il se dépose du sulfate de baryte, et ce mélange solide est traité par l'alcool après évaporation à siccité ; l'alcool ne dissout que la xanthine qui se dépose par refroidissement et concentration.

Il est évident que ces trois matières sont les principes utiles des bains de garance, et qui fournissent la couleur aux fibres textiles. On a donc cherché, par des moyens variés et même fort détournés, des méthodes propres à les concentrer pour remplacer la garance elle-même par des substances tinctoriales dérivées de la garance, offrant au consommateur sous un petit volume ces éléments en quelque sorte condensés, mais dans tous les cas dépouillés de la majeure partie des éléments étrangers. On sait, d'après l'article GARANCE, que le commerce a fini par accepter la colorine, la garancine et le garanceux, qu'on sépare actuellement pour les besoins de la teinture sur une grande échelle. On commence à faire pénétrer dans les ateliers des produits qu'on peut regarder comme de l'alizarine presque pure. On a fait de nombreux essais. Quelques-uns sont à la veille de recevoir une solution pratique consacrée par l'expérience. Les diverses méthodes d'extraction reposent sur les diverses propriétés de l'alizarine que nous venons de mentionner. Comme on le rappelle dans le *Répertoire de chimie* (t. 1, p. 43, *Barreswill*). Elles sont variées.

Pour extraire la matière colorante des racines de garance, on a tour à tour utilisé son peu de solubilité dans l'eau froide, sa presque insolubilité dans des liqueurs acides, et sa solubilité dans l'alcool, l'esprit de bois, le sulfure de carbone, les huiles grasses, les alcalis caustiques ou carbonatés, et la solution aqueuse et bouillante d'alun. La racine de garance, fraîche et n'ayant point encore subi cette espèce de fermentation mal connue par laquelle sa force colorante se développe avec le temps jusqu'à un certain maximum, à partir duquel elle diminue de nouveau, contiendrait, d'après les recherches de MM. Schunck et Rochleder, une substance particulière qui, n'étant pas par elle-même une matière colorante, formerait à l'ébullition avec les acides étendus par dédoublement de l'alizarine et une matière sucrée particulière. De ce fait on peut tirer la conséquence que la préparation rationnelle de l'alizarine ou des extraits alizariques ne doit point porter sur la garance en nature ou sur la garance lavée (fleurs de garance), mais sur la garance préalablement soumise à l'ébullition avec une liqueur acide, c'est-à-dire sur la garancine ou le carmin de garance. Cette conclusion est confirmée par les observations anciennes de M. Decaisne, et par celles plus récentes de MM. Gerber et Dollfus.

Azale. — Pour préparer leur extrait purifié, qu'ils nommèrent *azale*, MM. Gerber et Dollfus épuisent la fleur de garance par de l'esprit de bois bouillant, concentrent les liqueurs ainsi obtenues et y ajoutent ensuite une certaine quantité d'eau pour en précipiter la matière colorante. Ils obtiennent généralement 6,75 p. 100 d'extrait brut d'une couleur jaune brunâtre. En traitant ensuite la fleur de garance déjà bien épuisée par l'esprit de bois seul au moyen d'une nouvelle addition de ce liquide, rendu légèrement acide par 1 p. 100 d'acide sulfurique, ils produisent de nouvelles liqueurs colorées, fournissant presque autant d'extrait que le premier traitement. Le résidu ligneux ne contenait alors plus de traces de matière colorante.

Alizarine commerciale. — D'après MM. Verdeil et Michel, l'alizarine presque pure est préparée par la méthode suivante :

On fait ramollir les racines de garance dans une eau légèrement acidulée par l'acide sulfurique ; on écrase entre des cylindres la pulpe acidifiée pour éliminer une certaine quantité de liquide ; on termine par l'action d'une forte presse hydraulique. Les racines ainsi préparées sont ensuite macérées pendant quarante-huit heures dans une solution faible de carbonate de soude ou de potasse marquant 2 à 4° Baumé.

On sépare par l'expression le liquide alcalin chargé de matière colorante et on renouvelle la macération, mais en employant pour cette seconde opération une liqueur alcaline moitié plus faible. On précipite la matière colorante encore impure de ces liqueurs alcalines en les sursaturant par un acide.

Le précipité recueilli sur un filtre, lavé avec un peu d'eau, exprimé et desséché, est ensuite épuisé par de l'esprit de bois ou de l'alcool bouillant. Les solutions alcooliques clarifiées sont enfin concentrées dans un alambic pour retrouver l'alcool ou l'esprit de bois, et l'extrait purifié reste comme résidu dans l'appareil

distillatoire. Cet extrait peut servir soit pour la teinture, soit pour l'impression. Généralement de pareils extraits renferment encore une certaine quantité de matières résineuses qui nuisent soit à la pureté, soit à la vivacité des teintes. Ces matières résineuses étant moins solubles dans des solutions chargées de sels que dans l'eau pure, on pourrait trouver dans cette circonstance l'explication de l'effet avantageux que M. Gatey a dit récemment avoir obtenu par l'addition de sel marin au bain de teinture, lorsqu'on teint des toiles préparées en garance, garancine et alizarine.

Pour séparer les matières résineuses de l'alizarine, on peut utiliser les observations intéressantes de MM Plessy et Schützenberger sur la solubilité de l'alizarine dans l'eau surchauffée sous de fortes pressions. Ces chimistes ont constaté que de l'eau, dont la température est à 250 degrés, dissout 3,16 p. 100 de son poids d'alizarine, tandis qu'à la température de 10 degrés elle n'en dissout que 0,034 p. 100.

On pourrait encore, d'après les observations de M. Arnaudon, faire usage de la glycérine pour dissoudre l'alizarine.

Alizarine sublimée. — M. Kopp a purifié cette matière en sublimant l'alizarine après avoir chauffé graduellement et avec beaucoup de précaution un extrait très-concentré. La sublimation de l'alizarine, indiquée par MM. Robiquet et Colin, est une opération très-connue et pratiquée par tous les chimistes et industriels qui se sont occupés de recherches sur la matière colorante de la garance. Mais on sait qu'elle ne réussit bien que sur de petites quantités de matières, et qu'elle exige des substances déjà purifiées. En outre, l'opération entraîne toujours la perte d'une quantité notable d'alizarine. D'ailleurs, comme la vapeur de l'alizarine est très-pesante, elle ne s'élève que difficilement, et lorsqu'on est obligé de la chasser à une certaine hauteur, ce qui est le cas lorsque l'alizarine est accompagnée de beaucoup de matières étrangères, il arrive inévitablement qu'elle se décompose au moment même de sa sublimation. On n'obtient, en effet, que des quantités très-minimes d'alizarine en chauffant directement la garance, la fleur de garance et la garancine.

Au reste, le ligneux et l'acide pectique, comme aussi toutes les substances résineuses qui souillent ces extraits, éprouvent aussi la décomposition sèche, et les cristaux d'alizarine sont souillés de quantités plus ou moins considérables de matières empyreumatiques. Pour éviter ce dernier inconvénient, M. Vilmorin, d'une part, et M. Stackler, d'autre part, voulant se procurer une alizarine pure, ont modifié l'ancien procédé de MM. Gaultier de Claubry et Persoz, en épuisant la garancine lavée, ou l'extrait alcoolique de garance par des solutions bouillantes d'alun, d'ammoniaque ou de potasse.

La liqueur filtrée, possédant une belle couleur rouge orange, est séchée dans un bain-marie. En l'agitant fréquemment, on obtient une poudre cristalline d'alun revêtue d'alizarine amorphe. Le produit desséché est broyé, puis épuisé à son tour par de l'alcool, de l'esprit de bois ou du sulfure de carbone bouillant; la solution filtrée, bouillante, donne par le refroidissement des aiguilles jaunes et soyeuses d'alizarine pure. M. Barreswill, auquel j'emprunte ces détails intéressants, a fait les mêmes observations, en traitant de la laque de garance récemment préparée, bien lavée et encore humide, par du bisulfate de potasse en solution bouillante et concentrée. Les produits de la réaction sont de l'alun, du sulfate neutre de potasse, et la matière colorante est mise en liberté. On évapore le tout à siccité au bain-marie, on broie le résidu desséché et on l'épuise par l'esprit de bois, l'alcool ou le sulfure de carbone.

TEINTURE.

L'altération qui se produit ordinairement dans la sublimation de l'alizarine disparaît lorsque la vapeur de ce corps, au moment même de son apparition, se trouve entraînée mécaniquement et soustraite à l'action ultérieure de la chaleur. On y arrive en subli-mant et distillant l'alizarine dans un courant un peu rapide de vapeur d'eau surchauffée. Il est préférable d'opérer directement sur la garancine. On la prépare à la manière ordinaire, par ébullition de la garance broyée dans l'acide sulfurique étendu, lavage jusqu'à ce que les liqueurs ne soient presque plus acides, expression à la presse hydraulique, et dessiccation dans une étuve.

Il n'est pas indispensable de neutraliser les dernières traces d'acide, comme cela se fait ordinairement par l'addition d'une petite quantité de craie ou de carbonate de soude, puisque, à la température à laquelle se sublime l'alizarine, ces traces d'acide sulfurique réagissent plutôt sur l'acide pectique et le ligneux que sur la matière colorante.

Graduer exactement la température de la vapeur d'eau surchauffée et la maintenir constante pendant un temps donné, tels sont les deux points essentiels à réaliser.

M. Kopp, auquel on doit l'idée de ce perfectionnement, a fait connaître un appareil qui conduit à ces résultats.

La vapeur provenant d'un générateur passe dans une série de tuyaux, sorte de jeu d'orgue disposé dans un four à reverbère; la flamme circule autour de ces tuyaux; la vapeur s'échauffe et acquiert une température convenablement élevée : à sa sortie du four, elle se rend dans une petite chambre de fonte où aboutit également un tuyau de vapeur provenant directement du générateur; au moyen de cette disposition ingénieuse, en réglant les quantités de l'une et de l'autre, on peut obtenir une température régulière entre 100 à 350 degrés centigrades.

La vapeur à température réglée est conduite, au sortir de la chambre en fonte, dans un cylindre de fonte ou de cuivre qui renferme, entre deux diaphragmes, la garancine sèche réduite en fragments de la grosseur d'une noix. Ce cylindre est lui-même enveloppé d'un autre cylindre concentrique, qui reçoit de la vapeur surchauffée dans le but d'éviter la déperdition de chaleur du cylindre enveloppé; cette vapeur se perd directement dans l'air.

La vapeur passant sur la garancine entraîne l'alizarine et la porte dans le réfrigérant. Celui-ci se partage en deux parties : la première, conservant une température de 100 degrés, reçoit l'alizarine condensée; la deuxième, refroidie complétement, fournit de la vapeur liquéfiée; on rassemble sur un filtre l'alizarine sublimée. Les eaux de condensation sont réunies et destinées à la teinture ou à la confection de la liqueur de garance.

Des racines de garance traitées dans cet appareil se recouvrent d'alizarine qui doit ainsi s'y trouver toute formée.

Essais des garances. — Nous avons dit que la valeur de l'alizarine est encore considérable, environ 100 fr. le kilogramme. On a cherché par différents moyens à falsifier les produits qui la contiennent, depuis les racines de garance jusqu'à ses dérivés. Aussi c'est à ces produits qu'on a, dans ces dernières années, tenté d'appliquer les modes de contrôle les plus variés et les plus intelligents. Tout récemment encore le *Bulletin de la Société de Mulhouse*, n° 146-1859, reproduit un mémoire de M. Pernod sur ce sujet bien digne de fixer l'attention. Nous reproduisons les réflexions que fait à cette occasion M. Barreswill dans le *Répertoire de chimie*, t. I, p. 218. Nous les ferons suivre des mé-

TEINTURE.

thodes qui ont été proposées jusqu'à ce jour pour essayer les garances, garancines, colorines, etc. Elles sont basées sur des principes variés et dont on fait usage souvent concurremment pour contrôler les résultats les uns par les autres. Nous comblerons ainsi la lacune que présente l'article GARANCE contenu dans le premier volume de cet ouvrage.

Les observations de M. Pernod sont utiles à consigner. L'auteur admet que la garance et la garancine pourraient être falsifiées soit par des substances astringentes renfermant une quantité plus ou moins grande de tanin, soit par certains bois de teinture; il propose un procédé simple et facile pour déjouer une pareille fraude.

On plonge dans une dissolution de sulfate de fer, partiellement oxydée par l'air atmosphérique, une feuille de papier blanc peu collé que l'on sèche d'une manière complète en l'exposant à l'air ou mieux à une douce chaleur; on verse ensuite sur ce papier une petite quantité d'alcool à 87 ou 88 degrés, et pour l'humecter le plus uniformément possible on le suspend par un angle. Ainsi préparée, cette feuille est placée sur une feuille de verre et saupoudrée, à l'aide d'un tamis de soie assez fin, d'une très-petite quantité de la poudre à essayer, en ayant soin, lors du tamisage, de placer le tamis très-près de la feuille de papier, précaution nécessaire pour le cas où les substances mêlées à la garance seraient ou plus fines ou plus légères que celle-ci.

Lorsque l'alcool est complétement évaporé, on lave le papier à l'eau commune et l'on observe la couleur qu'il a prise.

Si la garance est pure, on n'a qu'une coloration rouille ou brun clair; est-elle falsifiée, des taches particulières produites par la poudre étrangère apparaissent avec une couleur qui trahit la nature de l'addition. En effet, ces taches sont bleues si l'adultération a pour cause une poudre renfermant du tanin; elles se produisent quand même la poudre étrangère ne cède rien à l'eau (tels seraient, par exemple, l'écorce et le fruit du pin), attendu que l'alcool qui mouille le papier, mouillant aussi ces substances, en isole facilement la matière astringente.

Si l'on veut rechercher la présence d'un bois coloré, tel que le bois de Brésil, le campêche, le cuba, etc., on imprègne le papier de bichlorure d'étain au lieu d'employer le sulfate de fer, puis on le place sur une lame de verre et on le saupoudre comme il a été dit. Les moindres parcelles de campêche marquent en violet, le brésil en cramoisi; le cuba se révèle par une coloration jaune.

« Ce procédé est, en somme, simple et facile à exécuter au moment de la réception des marchandises. Il est bon que de semblables moyens soient mis à la disposition de l'acheteur, si l'on veut en finir avec la fraude commerciale qui, jamais en aucun temps, n'a été plus générale qu'elle n'est aujourd'hui. Le plus souvent, une expérience aussi simple que celle de M. Pernod suffirait pour mettre en garde contre la sophistication qu'encourage l'acheteur par son apathie. »

Lorsque l'on s'est assuré de la nature de la falsification, il faut rechercher dans quelle proportion elle affecte la valeur de la marchandise. On a pour atteindre ce but différents moyens approximatifs. Nous allons les exposer en rappelant d'une manière sommaire les principes sur lesquels ils reposent.

Lorsqu'on ajoute aux garances, dans le but d'en augmenter le poids, des matières étrangères telles que de la brique pilée, des sables et des argiles, il suffit de délayer la garance suspecte avec 100 à 150 fois son poids d'eau. La garance reste suspendue sur l'eau, et les impuretés dont la pesanteur spécifique est beaucoup plus considérable tombent au fond; on peut en évaluer la quantité approximativement par décantation.

Une seconde méthode plus exacte consiste à faire l'incinération d'un poids donné de matière. On compare le résidu sous le double rapport des proportions et de la qualité (toutes choses égales d'ailleurs) avec celui que laissent les garances pures d'origine connue.

Les garances pures séchées à 100 degrés peuvent ne renfermer que 5 p. 100 de cendres inorganiques; des essais nombreux ont fixé les limites supérieures du poids du résidu que doit fournir une incinération complète. MM. Girardin et Labillardière ont constaté 8.80 p. 100 dans l'alizari de Provence avec son épiderme; d'après M. Chevreul l'alizari du Levant contient 9.80 de cendres; suivant M. Schlumberger, l'alizari d'Alsace en renferme 7, et celui d'Avignon 8.76. — On voit, d'après ces chiffres, que la quantité de cendres n'est pas constante, mais qu'il est probable qu'on ne se trompera pas beaucoup en admettant que ce qui dépasse 9 à 10 est le résultat d'une sophistication. Certains échantillons pris dans le commerce ont fourni jusqu'à 25 p. 100 de cendres.

Lorsque la falsification des garances se fait au moyen des matières organiques colorées ou non, les moyens sont moins rigoureux et dans tous les cas beaucoup moins simples. On recherche surtout à doser le principe colorant propre à la garance, et les méthodes employées donnent la valeur tinctoriale de l'échantillon soumis à l'essai.

Dans l'une de ces méthodes proposée par M. Meillet on prend 10 kilog. de garance; on fait dissoudre 2 kilog. d'alun dans 20 litres d'eau marquant 60 degrés centigrades; on porte le tout lentement à l'ébullition, qu'on maintient pendant une demi-heure. La décoction est jetée sur des toiles; on l'exprime fortement; trois traitements pareils suffisent pour épuiser la garance. On laisse reposer le liquide pendant quelque temps, puis on y jette, avant le complet refroidissement des liqueurs mélangées, 625 gr. d'acide sulfurique à 66° étendu de deux fois son poids d'eau. Il se précipite d'épais flocons rougeâtres qui ne tardent pas à gagner le fond de la liqueur, celle-ci passe du rouge pourpre au jaune verdâtre; on décante les liqueurs surnageantes, on lave le résidu à plusieurs reprises, et lorsqu'il est sec par son exposition à l'air libre, il forme des écailles luisantes d'un jaune brun. Dans cet état, l'alizarine ne serait pas encore pure; on fait chauffer le précipité non encore desséché dans une liqueur alcaline, formée d'une partie d'alizarine impure, une partie et demie de carbonate de potasse et douze parties d'eau. On sature le carbonate par l'acide sulfurique, et le nouveau précipité constitue l'alizarine que M. Meillet regarde comme l'alizarine pure et qu'il a proposé pour les usages de la teinture. Les belles garances SF rendent en général de 2 à 2 1/2 p. 100 d'alizarine, quelquefois 3 p. 100.

J'emprunte au traité de M. Persoz l'analyse qu'il a présentée du procédé pratique suivi par M. Schlumberger. Ce procédé consiste à teindre au moyen d'un poids constant de garance une quantité donnée de toile mordancée, et à comparer cette toile teinte, puis avivée, à une gamme de teinture dont la gradation des teintes correspond à des doses connues de garance. Dans ce but on prépare d'avance une certaine quantité de toile mordancée, en ayant soin, lorsqu'elle est épuisée et qu'on doit la remplacer, d'employer les mêmes mordants et d'opérer dans les mêmes conditions. M. Schlumberger se sert d'un dessin à fond d'un double rouge. Ce fond doit, en outre, être à double violet avec noir et blanc, quand on veut juger de toutes les nuances que fournit la garance. On se procure ensuite une petite chaudière de 2 décimètres de haut sur 3 à 5 décimètres de diamètre, selon le nombre d'essais qu'on se propose de faire. A 3 ou 4 centimètres du fond de cette chaudière, on fixe une grille sur laquelle on pose des flacons

TEINTURE.

à large col de plus d'un litre de capacité chacun. La chaudière doit être munie d'un couvercle percé de trous par lesquels sortent les orifices des flacons qui se trouvent ainsi parfaitement maintenus.

« Pour former la gamme qui doit servir plus tard à estimer, par comparaison, la valeur relative des garances, on coupe des morceaux égaux de toile mordancée de $0^m,327$ carrés par exemple, puis choisissant une garance de la pureté de laquelle on est parfaitement certain et qui donne en teinture de bons résultats, on fait des pesées exactes de 1, 2, 3 et 15 gr., proportion insuffisante pour saturer les mordants. Ces divers poids sont mis chacun avec un échantillon dans les flacons placés dans la chaudière et qui renferment 750 gr. d'eau distillée préalablement amenée vers 40 degrés centigrades. La chaudière, faisant fonction de bain-marie, est placée sur un réchaud de charbon embrasé recouvert d'une plaque de fer; on ferme le cendrier pour avoir un feu régulier tel que la température du liquide ne s'élève que de 5 degrés par quart d'heure, et qu'après une heure et 30 minutes elle soit arrivée vers 70°. On pousse alors le bain-marie à l'ébullition, on maintient la température de 100 dégrés pendant une demi-heure. Cette première teinture finie, les échantillons correspondant au nombre de grammes de garance employés pour les teindre sont retirés des flacons pour être dégorgés, lavés et séchés; chacun d'eux est alors coupé pour former deux parties égales. Une série est conservée telle qu'elle sort du dernier rinçage, une série est soumise à la nouvelle teinture, mais avec la moitié seulement de la garance employée dans la première opération. Après cette dernière teinture, on dégorge, on lave, on dessèche de nouveau, puis on divise les échantillons en deux nouvelles parties; une série se trouve encore conservée, tandis que les autres sont destinées à subir les opérations de l'avivage pour fixer le fabricant sur l'éclat et la solidité de la nuance fournie par la garance choisie pour type. S'il s'agit d'un dessin à double fond rouge, l'avivage se fait dans une petite chaudière de cuivre bien étamée où l'on indroduit avec 4 litres d'eau chaude à 60 degrés 10 gr. de savon et la dernière série des échantillons; on maintient le tout à la même température pendant une demi-heure, puis on remplace le bain de savon par un autre bain chauffé pendant le même temps et à la même température que le précédent, et composé de 4 kilogr. d'eau et 5 gr. d'acide nitrique d'une densité de 1,327; ce second bain est remplacé par un bain de savon semblable au premier, mais qui cette fois est chauffé jusqu'à l'ébullition. Ajoutons qu'après chaque passage les échantillons sont dégorgés et rincés avec soin.

Ces opérations terminées, on peut donc composer :

1° Une première série d'échantillons qui ont reçu une première teinture dont l'intensité de la nuance est proportionnelle à la quantité de garance employée.

2° Une seconde série qui a reçu la seconde teinture, dont le ton est par conséquent double de la précédente, et parmi lesquels il s'en trouve dont les mordants ont été saturés de matière colorante.

3° Enfin une série qui a subi l'avivage, et d'après laquelle on peut juger de la vivacité de la nuance tout aussi bien que de sa solidité.

ALIZARINE ARTIFICIELLE. La fabrication de l'alizarine à l'aide des hydro-carbures extraits des goudrons de houille a été obtenue par MM. Graebe et Liebermann. Pour connaître la nature de l'hydro-carbure dont pouvait dériver l'alizarine, ils ont eu l'heureuse idée de la réduire en la soumettant à l'action de la poudre de zinc, et ont ainsi obtenu l'anthracène, hydro-carbure qui passe à la distillation des goudrons vers 400°.

Cet important résultat conduisait naturellement à chercher le moyen de reconstituer l'alizarine en partant de l'anthracène par des réactions compliquées, mais qu'il n'y avait plus qu'à simplifier pour atteindre un grand résultat industriel. Nous décrirons, d'après M. Wurtz, le mode le plus simple de préparation.

1° Dans de grandes cuves en fonte émaillée, on introduit une partie d'anthracène et quatre parties d'acide sulfurique concentré. On chauffe pendant 4 ou 5 heures à 100 degrés, puis on porte la température à 160 degrés, où on la maintient jusqu'à ce qu'une goutte prélevée sur la masse se dissolve dans l'eau sans produire un précipité. On laisse alors refroidir, puis on reprend la masse par trois fois son poids d'eau. S'il restait un excès d'anthracène non dissous, il faudrait le séparer par filtration. L'anthracène n'est pas toujours pur; il peut être mélangé avec d'autres carbures d'hydrogène et avec des homologues supérieurs. On peut arriver à les séparer de l'anthracène par l'opération même que nous décrivons, c'est-à-dire par l'action de l'acide sulfurique.

2° La solution acide que l'on obtient ainsi, étant débarrassée par filtration du résidu insoluble, renferme un mélange d'acide anthracène-bisulfureux et d'acide sulfurique. Il s'agit d'oxyder le premier de ces acides pour le transformer en acide anthraquino-bisulfureux. Pour cela, on porte la liqueur à l'ébullition et on la maintient bouillante pendant quelque temps, de manière à la concentrer peu à peu, puis on y ajoute, pour une partie d'anthracène, trois parties de bioxyde de manganèse. Ce dernier doit être très-finement pulvérisé. On préfère généralement celui qui provient de la régénération du manganèse ayant servi à la préparation du chlore. En fixant l'oxygène dégagé par l'acide sulfurique sur le bioxyde de manganèse, l'acide anthracène-bisulfureux se convertit en acide anthraquino-bisulfureux; il se forme du sulfate de manganèse.

Pour se débarrasser de ce sel, on étend la liqueur avec une grande quantité d'eau et on y ajoute un lait de chaux; il se forme du sulfate de chaux et de l'hydrate manganeux, tandis que l'anthraquino-bisulfite de calcium reste en dissolution. On passe au filtre-presse, puis on le décompose à chaud par un léger excès de carbonate de soude; l'ébullition est maintenue jusqu'à ce que le précipité de carbonate de chaux soit devenu grenu, de manière à se déposer facilement. On décante alors et on évapore à siccité la solution d'anthraqnino-bisulfite de sodium.

3° Dans de grands cylindres en fonte, chauffés au bain d'huile et munis d'agitateurs à ailettes qui permettent non-seulement d'agiter constamment la masse, mais de la ramener de bas en haut, on introduit trois parties d'anthraquino-bisulfite de sodium sec et deux à trois parties d'alcali caustique, auquel on ajoute une petite quantité d'eau pour faciliter le mélange. On emploie la soude, la potasse ou un mélange des deux alcalis. On chauffe au-dessus de 200 degrés, en maintenant la température entre 200 et 280 degrés, jusqu'à ce que la masse ait pris une couleur violet bleu foncé.

Pour contrôler la marche de l'opération et pour apprécier la richesse du produit, on prélève un échantillon, on le dissout dans une quantité d'eau déterminée, et on le précipite par une proportion convenable d'acide sulfurique étendu; il se produit un précipité jaune brun que l'on jette sur un filtre disposé sur un vase dans lequel on fait le vide au moyen d'une trompe. Le précipité étant rassemblé sur le filtre, ce que la disposition indiquée permet de faire rapidement, on le sèche et on le pèse. On arrête l'opération lorsqu'on a atteint le poids cherché.

On fait arriver alors, avec précaution et par petites portions, de l'eau bouillante dans la masse contenue dans la chaudière après l'avoir laissé refroidir. On peut aussi la couler et la traiter par l'eau dans des vases appropriés. La solution, débarrassée par filtration de quelques matières insolubles, est décomposée à chaud par un léger excès d'acide sulfurique étendu ou d'acide chlorhydrique. Pendant la saturation, il se dégage de

grandes quantités d'acide carbonique et d'acide sulfureux que l'on peut recueillir. L'alizarine se précipite en gros flocons denses d'une couleur jaune brunâtre. Le précipité est reçu sur un filtre-presse construit de façon à pouvoir y passer plusieurs mètres cubes de liquide dans l'espace de quelques minutes, et aussi à pouvoir laver le précipité à l'eau froide et à l'eau chaude. On livre le produit à l'état de pâte orangée.

8. Bois de Brésil (*brésiline*, *brésiléine*).

La dénomination de bois de Brésil ou de Fernambouc, simplement *brésil* dans le commerce, s'applique à plusieurs espèces de bois provenant de différents arbres du genre cæsalpinia. Ces bois renferment tous une matière colorante rouge à laquelle M. Chevreul a donné le nom de *brésiliné*, et dont nous nous occuperons particulièrement ici, renvoyant aux articles BOIS DE TEINTURE et EXTRAITS de ce Dictionnaire pour les renseignements qui concernent les bois eux-mêmes.

Caractères de la décoction. — L'infusion aqueuse de bois de Brésil précipite par la chaux, par la baryte, par le protochlorure d'étain, par l'acétate de plomb des laques d'un rouge cramoisi. On l'emploie dans les Indes depuis les temps les plus reculés. On n'en avait jamais fait usage en Europe avant la découverte de l'Amérique. On s'en sert pour obtenir la teinture en cramoisi ; la décoction doit être conservée plusieurs mois pour donner des tons vigoureux. On arrivera peut être à trouver des nuances solides ; quant à présent, les couleurs qu'on en obtient manquent de fixité, elles sont dues à la *brésiléine*.

Brésiléine. — La brésiléine pure cristallise en petites aiguilles de couleur orangée, solubles dans l'eau, l'alcool et l'éther ; l'acide sulfhydrique décolore sa dissolution aqueuse, elle vire au jaune par quelques gouttes d'acide sulfurique ; les alcalis forment avec elle des composés laqueux violets et pourprés. Les protoxydes d'étain et de plomb forment des composés insolubles ; l'hydrate d'alumine forme une laque de couleur intermédiaire à celle que fournissent les alcalis et les acides.

Sous l'influence de la chaleur, la brésiléine se décompose ; il distille une eau légèrement acide, un produit alcalin, et dans le résidu pourpré se retrouverait sans doute la brésiléine cristallisée.

La décoction dans l'eau ne s'altère pas ; loin de là, l'expérience journalière des ateliers prouve que la dissolution ancienne est plus riche que celle qui n'est préparée que depuis quelques jours.

Sous la double influence des alcalis hydratés et de l'air, la brésiléine s'altère en absorbant de l'oxygène.

D'après M. Preïsser, de Rouen, il existerait dans le bois des cæsalpinia, quelles que soient leurs variétés, une matière incolore qui, sous l'influence de l'oxygène de l'air, se transformerait en brésiléine. Ce principe incolore, qu'on pourrait nommer *brésiline*, aurait une saveur sucrée avec un arrière-goût légèrement amer ; il serait soluble dans l'eau, dans l'alcool, dans l'éther. L'ébullition de la liqueur aqueuse suffirait pour déterminer la transformation de ce principe en brésiline ; l'acide sulfurique le colore en jaune d'abord, puis en une substance noire résinoïde ; l'acide chlorhydrique et l'acide azotique le colorent en rouge vif. Avec ce dernier acide, sous l'influence de la chaleur, il se dégage des vapeurs rutilantes qui sont accompagnées de la formation d'une quantité notable d'acide oxalique.

Lorsqu'on met en contact la brésiline avec de l'acide chromique ou du bichromate de potasse en poudre fine, il se fait une vive effervescence, il se forme des quantités notables d'acide formique qu'on sépare par distillation, la liqueur se colore de plus en plus, puis il se forme une laque cramoisie contenant de la brésiline et de l'oxyde de chrome. Sous l'influence de l'acide chlorhydrique, le principe colorant disparaît, il ne reste plus que de l'oxyde vert de chrome.

TEINTURE.

9. Bois de santal (*santaline*).

On désigne sous le nom de santal rouge le bois qui provient du *ptærocarpus santalinus*. Il donne en teinture des nuances qui varient du fauve au rouge ; il ne se colore presque pas par l'eau bouillante. Le principe colorant de ce bois a reçu le nomde *santaléine*.

Santaléine.— La santaléine est une substance d'apparence résineuse rouge brun, fusible à 100 degrés. Peu soluble dans l'eau, elle se dissout dans l'alcool, qui devient jaune ou rouge, suivant les proportions dissoutes ; l'éther la dissout aussi.

Les dissolutions aqueuses de potasse, de soude, d'ammoniaque dissolvent la santaline et la colorent en rouge violet. Une addition d'un acide faible en précipite la santaline sans altération. La dissolution alcoolique précipite en pourpre par le chlorure d'étain, en violet par les sels de plomb, en écarlate par le bichlorure de mercure, en violet foncé par le sulfate de fer, en rouge brun par le nitrate d'argent ; les sels d'alumine ne la précipitent que par leur eau de dissolution.

M. Preïsser a décomposé la santaline en divers principes, au nombre desquels il indique un composé cristallisable incolore qu'il regarde comme le principe actif de la santaline. Ce principe non azoté peut être isolé par le traitement au moyen de l'hydrogène sulfuré d'une laque plombique obtenue par la solution de santaline. La matière colorable est dissoute dans l'éther et séparée par l'évaporation. Cette matière se colore à l'air avec le contact des alcalis ; elle prend une nuance très-vive rouge pur.

10. Bois d'amarante (*amarantine*).

On comprend sous le nom de bois d'amarante, bois violet, etc., différentes sortes de bois d'ébénisterie originaires de l'Amérique méridionale et des Antilles ; on est encore dans la plus grande incertitude quant à l'espèce botanique et même à la famille à laquelle ils appartiennent. M. Arnaudon a fait l'examen d'un grand nombre de ces bois dans le but de trouver quelques caractères distinctifs qui pussent en former un groupe purement chimique, que l'on désignerait sous le nom de bois d'amarante, et qui viendrait se ranger dans la série des bois de teinture. De ses minutieuses recherches il résulte que les différents bois de ce groupe, notamment le *pao colorado*, le *bois violet de Cayenne*, le *peuple heat*, le *tanané*, le *palo morado*, etc., contiennent tous une même matière incolore susceptible de se transformer sous l'influence de la lumière en une autre matière de couleur rouge pourpre.

La chaleur, avec ou sans le concours des acides qui ne font qu'accélérer le changement, conduit aux mêmes résultats ; mais il paraît démontré que la matière colorable, susceptible de devenir colorée, passe à cet état et devient rouge pourpre par une cause autre que l'oxydation.

Il semble résulter des recherches de M. Arnaudon cette conclusion, qu'il faudra peut-être généraliser, que cette cause doit être plutôt recherchée dans une modification moléculaire des éléments préexistants dans le bois que dans une absorption d'oxygène pris à l'extérieur, et que la matière colorable est en plus forte proportion dans les bois de ce groupe qui sont les moins colorés à l'intérieur.

Ce mémoire de M. Arnaudon est d'un grand intérêt pour les chimistes qui se livrent à l'étude des matières tinctoriales. Il peut offrir à l'art de la teinture des nuances nouvelles qui sont susceptibles de satisfaire aux caprices de la mode en introduisant dans les ateliers une matière tinctoriale inconnue. C'est en considération de ce vœu que nous avons placé le travail de

M. Arnaudon dans cet article, bien que les résultats qu'il annonce n'aient pas encore été sanctionnés par la pratique.

11. Rouge de sorgho (*sorghine*).

Lorsqu'on laisse fermenter les tiges du sorgho (*sorghum saccharatum*), après qu'on en a retiré le jus sucré, de telle sorte que la température ne s'élève pas trop, on obtient au bout de quinze jours, s'il ne s'est pas développé de fermentation putride, une masse d'une couleur rouge ou rouge brun. On la dessèche, puis on la fait moudre.

Pour isoler la matière colorante on fait infuser la poudre pendant douze heures dans l'eau froide; le résidu, traité par une lessive de soude très-faible, perd la matière colorante qu'on précipite sous forme de flocons rouges, en neutralisant au moyen de l'acide sulfurique; on la recueille sur un filtre qu'on lave et qu'on fait ensuite dessécher; la couleur rouge, ainsi préparée, se dissout facilement dans l'alcool, dans les liqueurs alcalines, dans les acides faibles, etc.

Pour teindre, avec elle, la laine et la soie, on fait usage des mordants d'étain ordinairement employés; M. Winter a trouvé que les teintures rouges au sorgho résistaient très-bien à la lumière et aux savonnages modérés, même à chaud.

D'après les renseignements les plus récents, l'extraction et l'utilisation de la matière colorante du sorgho seraient connues et pratiquées industriellement en Chine, où la culture de cette plante se fait sur une très-grande échelle.

La culture du sorgho, qui tend à se répandre en France, peut donc un jour ajouter aux substances tinctoriales et rémunérer encore le cultivateur en partie déjà couvert de ses dépenses par sa récolte en alcool ou en sucre.

12. Peganum harmala (*harmaline*).

M. Gobel a décrit sous le nom d'*harmaline* une substance qu'on rencontre dans les semences du *peganum harmala*, et qui se transforme, sous certaines influences déterminées, en une matière colorante rouge. C'est à tort que MM. Monnet et Dury donnent cette désignation au produit dérivé de l'aniline trouvé par M. Perkin.

MM. Schlumberger et Dollfus ont publié dans le *Bulletin de la Société de Mulhouse* une note intéressante sur la matière colorante extraite du *peganum harmala*. Comme pour l'orcéine des lichens, la matière colorante n'existe pas toute formée dans la semence qui contient une matière colorable; c'est cette dernière qui se transforme en ce nouveau principe que MM. Gobel et Fritch avaient découvert.

Lorsqu'on humecte avec 15 parties d'eau et 7 parties d'ammoniaque liquide 10 parties de graine de *peganum harmala*, il suffit de quatre à cinq jours d'exposition au contact de l'air pour obtenir la formation du principe colorant. On fait macérer dans l'alcool qui se charge d'abord d'une couleur jaune foncée verdâtre. On décante, et le résidu comprimé pour extraire toute la partie liquide est traité par une nouvelle quantité d'alcool qui fournit une liqueur d'un rouge foncé pur; quand on épuise complétement les graines par ce même traitement alcoolique, on trouve, après distillation de l'alcool, 16 p. 100 du poids de la graine en matière colorante sèche composée de deux substances, l'une rouge et l'autre jaune, qui se séparent au moyen de l'ammoniaque, qui dissout la seconde en précipitant la première. La matière colorante rouge a reçu le nom d'*harmaline*. Nous l'appellerons *harmaléine*.

Harmaléine. — Cette matière est soluble dans l'acide sulfurique à 1,6 sans subir d'altération; elle se dissout également à froid dans l'acide acétique; elle est peu soluble dans l'éther. Elle se comporte vis-à-vis des préparations métalliques en usage dans la teinture des garances tout autrement que l'alizarine, car elle ne précipite ni les sels d'alumine, ni ceux de fer, ni ceux d'étain; elle teint directement les tissus de coton, de laine et de soie sans le secours d'aucun intermédiaire; elle se rapproche sous ce rapport du principe colorant de l'orseille, avec laquelle elle présente une grande analogie sous le rapport de son origine et des circonstances qui président à sa formation. Il reste encore à trouver la matière curieuse qui, sous l'influence de l'air, de l'ammoniaque et de l'eau, donne naissance à l'harmaline; il reste encore à fixer la composition de la substance incolore et de ses dérivés. Dans les conditions de préparation que nous venons d'apprécier, elle n'offre, après son application sur les tissus, qu'une faible solidité. L'exposition au soleil la fait promptement passer au jaune, et le bain de savon bouillant la décolore complétement. Les récentes modifications apportées dans l'emploi de l'orseille, qui devient une coloration d'une certaine résistance, feraient admettre la possibilité d'en augmenter la solidité; il peut être possible de rencontrer une méthode capable d'enlever à l'harmaline les inconvénients de sa fugacité.

13. Safranum (*acide carthamique*).

On pourra trouver à l'article carthame de ce Dictionnaire ce qui regarde l'histoire de cette matière tinctoriale, la forme sous laquelle on la rencontre dans le commerce, sa provenance, ses diverses qualités, et les procédés dont on fait usage pour en extraire le principe colorant auquel on a donné le nom d'*acide carthamique*. Nous n'aurons plus ici qu'à décrire les propriétés de cette matière considérée dans son état de pureté.

Acide carthamique. L'acide carthamique se présente généralement sous forme de petites plaques minces qui, vues par reflexion, sont d'un jaune d'or avec des reflets verts; vues par transmission, elles sont rouges. Insoluble ou presque insoluble dans l'eau froide, il se dissout dans l'alcool; à froid, la dissolution est d'un beau rose; à chaud, elle est orangée; il est moins soluble dans l'éther; l'oléine et les huiles volatiles ne le dissolvent pas. Les carbonates alcalins le dissolvent; les acides, et notamment l'acide citrique et l'acide acétique, le précipitent en flocons d'un beau rose. Les alcalis caustiques le dissolvent en l'altérant sous l'influence de l'air. Quoique l'acide carthamique soit insoluble dans l'eau froide, il y demeure si longtemps en suspension quand il est pur, qu'on aurait beaucoup de peine à l'en séparer. On le réunit au moyen d'une chausse par filtration.

M. Preïsser a vu que l'acide carthamique peut perdre, sous l'influence de l'acide sulfhydrique, une partie de l'oxygène qu'il contient en se convertissant en un corps incolore auquel il a donné le nom d'*acide carthameux*. Cet acide se présente sous forme de petites aiguilles prismatiques d'une saveur légèrement amère, peu soluble dans l'alcool, moins soluble dans l'eau. Il se colore à l'air en jaune clair. L'acide sulfurique le dissout sans le colorer. L'acide chlorhydrique et l'acide nitrique le dissolvent également sans coloration à l'aide d'une légère chaleur. Pour sa transformation en acide carthamique, il faut le double concours de l'air et des alcalis. En effet, il résiste bien à l'oxygène pur sous une cloche à mercure; mais il devient jaune d'abord, puis rose ensuite, lorsqu'on fait arriver sous la cloche une petite quantité de potasse. L'addition d'un acide fait apparaître alors des flocons d'acide carthamique. L'ammoniaque se conduit comme la potasse, mais avec plus de lenteur.

L'acétate de plomb précipite l'acide carthameux à l'état de laque blanche, qui devient rose avec le contact de l'air. Projeté sur des charbons ardents, l'acide carthameux se fond, se boursoufle, se décompose en exhalant une odeur piquante, mais sans laisser de résidu.

Le rose de carthame, très-brillant sur soie, n'a malheureusement pas une solidité très-grande. Il passe à la seule exposition à l'air. Il paraîtrait néanmoins qu'on peut le fixer au soleil. M. Rondot a vu pratiquer cette opération en Chine, et quelques documents, extraits par M. Stanislas Julien de l'*Encyclopédie japonaise*, rendent vraisemblable cette pratique, contraire à ce que nous savons des propriétés de l'acide carthamique et de sa fugacité. Nous verrons plus loin comment on a pu rendre plus solide la couleur de l'orseille.

14. Carmin de pourpre (*acide urique, murexide.*)

Le guano, dont l'usage comme engrais est des plus importants, est devenu la source d'une intéressante matière tinctoriale depuis qu'on a su transformer en murexide l'acide urique que cette substance contient. En présence de l'application intéressante qui vient d'être faite à la teinture des dérivés de l'acide urique, la Société de Mulhouse a proposé comme sujet de prix la préparation artificielle et directe de l'acide urique, autrement qu'en en faisant l'extraction des matières animales.

La murexide découverte par MM. Liebig et Woehler, dans leur travail classique sur l'acide urique, est devenue dans ces derniers temps d'une importance assez grande par son introduction comme matière colorante dans l'art de la teinture et la fabrication des indiennes. Il en est résulté que la préparation de ce corps, ainsi que celle de l'acide urique dont la murexide provient, a pris le rang d'une opération industrielle, se pratiquant déjà maintenant sur une échelle assez large. Nous allons passer en revue la préparation de l'acide urique et les circonstances dans lesquelles a lieu sa transformation en murexide.

Acide urique. — Les matières premières dont on extrait l'acide urique sont les excréments de serpents, d'oiseaux et surtout le guano, riche en urate d'ammoniaque. Les excréments de serpents renferment de l'acide urique presque pur, libre ou combiné à de l'ammoniaque; mais ils sont trop rares pour servir autrement qu'à des expériences de laboratoire. C'est du guano qu'on retire presque tout l'acide urique utilisé maintenant en industrie. Voici du reste la méthode proposée par M. Stadeler pour découvrir l'acide urique dans les matières qui le contiennent. On précipite la liqueur au moyen de l'acétate basique de plomb. On forme un urate insoluble qu'on décompose par l'hydrogène sulfuré; l'acide urique, séparé du sulfure de plomb par filtration, cristallise en tables hexagonales.

D'après M. Broomann, on épuise à chaud le guano par de l'acide chlorhydrique étendu. On laisse déposer les matières insolubles et on soutire le liquide clair et encore tiède, avec lequel on traite de la même manière de nouvelles quantités de guano, jusqu'à ce que l'acide soit à peu près saturé. La dissolution contient le carbonate et l'acétate d'ammoniaque, les phosphates de chaux et de magnésie, le phosphate ammoniaco-magnésien, le carbonate de chaux, une certaine quantité d'oxalate de chaux, etc. On peut utiliser cette liqueur soit comme engrais, soit pour la préparation des sels ammoniacaux, des phosphates et des oxalates.

Le résidu qui n'est pas dissous dans l'acide hydrochlorique est de nouveau traité à chaud par de nouvelles quantités de cet acide, puis lavé, égoutté et séché.

Il renferme surtout de l'acide urique, mélangé de sable, d'argile, de sulfate de chaux et de matières organiques (albumine, mucus, etc.) d'une couleur jaunâtre. Il peut servir directement à la préparation de la murexide.

Si l'on veut purifier davantage l'acide urique, on peut faire usage soit d'acide sulfurique, soit d'alcalis, ou de sels alcalins étendus. L'acide sulfurique concentré dissout facilement l'acide urique, surtout en chauffant de 60 à 80 degrés. Par le refroidissement on obtient quelquefois de gros cristaux d'une combinaison d'acide urique avec 6 équivalents d'acide sulfurique. Lorsqu'on étend d'eau cette solution sulfurique, l'acide urique se précipite de nouveau à peu près pur, et on n'a plus qu'à le filtrer, le laver et le sécher.

En faisant bouillir l'acide urique impur avec une solution étendue de potasse ou de soude caustique (1 de soude pour 12 à 15 d'eau), on obtient de l'urate alcalin soluble; la solution filtrée, sursaturée par un acide, laisse de nouveau déposer l'acide urique.

Au lieu de sursaturer directement par un acide cette dissolution, on peut la concentrer jusqu'à ce qu'elle se prenne en bouillie visqueuse qu'on jette encore chaude sur une toile et qu'on exprime. La masse est ensuite seulement délayée dans de l'eau bouillante et décomposée par l'acide chlorhydrique. Le résidu filtré et lavé représente de l'acide urique presque pur. Les eaux mères alcalines provenant de l'expression fournissent, par l'addition d'un acide puissant, de l'acide urique impur, qu'on purifie par une nouvelle dissolution dans une solution alcaline faible. 100 kilog. de bon guano peuvent fournir de 2 1/2 à 8 kilog. d'acide urique. Le traitement par l'acide sulfurique concentré, ou par les liqueurs alcalines, peut aussi être appliqué directement au guano, mais avec moins d'avantage.

MM. Boettger et Landerer ont conseillé pour épuiser le guano de remplacer les alcalis caustiques par le borax qui dissout moins de matières animales.

Murexide. — Nous commencerons par exposer en quelques mots les préparations sur lesquelles repose la formation de ce corps remarquable à plus d'un titre; nous trouvons la théorie parfaitement présentée dans le travail de Gerhardt auquel nous renverrons pour de plus amples détails (*Traité de chimie*, t. I, p. 549). Les idées de cet éminent chimiste ont été pleinement confirmées par les travaux plus récents auxquels la murexide a donné lieu.

Les procédés à l'aide desquels on prépare la murexide sont assez nombreux, même dans l'industrie; M. Kopp fait connaître les suivants :

1° D'après M. Broomann, on mélange dans des vases en terre de petites quantités d'acide nitrique à 1,41, pesanteur spécifique avec de l'acide urique brut et desséché. Pour plus d'économie, on peut prendre le guano purifié directement par l'acide chlorhydrique. Les deux corps réagissent l'un sur l'autre; l'acide urique se dissout en s'oxydant aux dépens de l'acide azotique; il se dégage du gaz dans lequel on peut reconnaître la présence du bioxyde d'azote. On ne réussit qu'autant que la température du mélange ne s'élève pas trop. A cet effet on n'opère que sur de petites portions à la fois, et l'on place les vases de terre dans lesquels s'effectue la réaction dans une capsule remplie d'eau froide pour tempérer la chaleur qui se dégage pendant la dissolution. On ajoute donc alternativement de l'acide azotique et de l'acide urique par petites parties à la fois, et l'on attend chaque fois que l'action soit épuisée pour faire une nouvelle addition. Quand on a traité toute la masse que l'on veut transformer, on abandonne le mélange à lui-même : au bout de quelques jours, il est pris en une masse pâteuse assez épaisse. C'est de cette masse qu'il faut extraire la murexide.

On épuise par de l'eau chaude; il est nécessaire de ne pas arriver à la température de 100 degrés centigrades. Le lavage se fait avec très-peu d'eau pour obtenir des liqueurs aussi concentrées que possible. Elles sont jaunes ou rougeâtres; elles peuvent être décolorées par le noir animal purifié; mais cette dernière opération n'est guère nécessaire. La solution renferme des dérivés de l'acide urique au nombre desquels on cite surtout de l'alloxane, de l'alloxantine, du nitrate d'urée, des sels ammoniacaux et quelques autres

TEINTURE.

substances pouvant prendre naissance dans l'acte d'oxydation de l'acide urique.

On évapore dans des vases en fonte émaillée très-larges, en ayant bien soin de ne pas dépasser une température de 80° c. et de ne point opérer sur de trop fortes proportions de matière. A cet effet, on verse un peu de solution dans le vase chauffé vers 75° ou 80° c., et l'on attend, en remuant constamment, qu'elle ait acquis, par concentration, une consistance pâteuse; on ajoute alors une nouvelle quantité de solution qu'on concentre en remuant, et ainsi de suite en versant peu de liquide à la fois. Après la concentration de toutes les liqueurs, on laisse refroidir et l'on obtient de la sorte une substance pâteuse ou même solide, d'une couleur brune, rougeâtre ou violette, présentant quelquefois un reflet verdâtre. C'est là le *carmin de pourpre* de M. Broomann.

Dans cette dernière opération, l'ammoniaque provenant de la dissolution de l'urée libre et du nitrate d'urée réagit à l'état naissant sur l'alloxantine et l'alloxane pour former de la murexide.

La présence des matières organiques étrangères peut même être utile, en ramenant une certaine quantité d'alloxane à l'état d'alloxantine. C'est dans ce but qu'on ne décolore pas toujours.

2° Lorsqu'on ajoute de l'ammoniaque à une solution chaude d'alloxantine, elle devient pourpre, par suite de la formation de la murexide; mais cette coloration disparaît très-facilement soit par le refroidissement, soit par l'ébullition de la liqueur.

L'eau, l'excès d'ammoniaque et l'oxygène de l'air exercent dans cette circonstance une action décomposante sur la murexide. Pour l'éviter, M. Clark conseille d'opérer comme l'avait déjà fait M. Gmelin, c'est-à-dire de faire passer du gaz ammoniac sur de l'alloxantine sèche réduite en poudre, ou mieux encore, de traiter l'alloxantine sèche ou humide par une solution alcoolique d'ammoniaque ou de carbonate d'ammoniaque, ou par du gaz ammoniac saturé de vapeurs alcooliques. La murexide, étant insoluble dans l'alcool, est protégée par ce dernier contre une action trop prolongée de l'ammoniaque en excès; on prépare l'alloxantine soit en réduisant l'alloxane par l'hydrogène sulfuré, soit en portant à l'ébullition un mélange d'une partie d'acide urique avec 32 d'eau, et ajoutant peu à peu de l'acide nitrique faible jusqu'à dissolution complète de l'acide urique; la solution, évaporée aux 2/3, est abandonnée à elle-même pendant plusieurs jours dans un local frais; elle dépose des cristaux d'alloxantine, qu'on peut purifier par cristallisation.

3° Plus récemment M. Clark a modifié cette méthode en la rendant plus pratique.

Il sature de l'acide nitrique de 1, 4 P. sp. étendu d'environ son volume d'eau, à une température très-peu supérieure à 60 degrés centigrades, par de l'acide urique; il résulte de ce traitement une dissolution chargée des produits de l'oxydation de l'acide urique. On traite par l'ammoniaque, en réalisant les conditions suivantes :

On mélange le liquide à froid et petit à petit avec une quantité d'ammoniaque qui n'est que la moitié de celle qu'il faudrait pour rendre alcaline la solution d'alloxane.

L'ammoniaque n'est ajoutée que par petites portions à la fois, d'un côté, pour qu'il n'y ait point élévation de température, et de l'autre pour que le liquide ait le temps de reprendre sa réaction acide. En effet, une pareille solution, rendue faiblement alcaline à froid ou neutralisée, reprend bientôt après sa réaction acide. Cet effet n'a plus lieu lorsque la neutralisation a été faite à chaud.

Le mélange ainsi préparé, chauffé à 60°, donne par le refroidissement des cristaux de murexide.

Voici les proportions indiquées pour préparer la murexide très-pure et en grande quantité. A 100 litres du liquide provenant du premier traitement de l'acide urique par l'acide azotique et marquant 30° Baumé, M. Clark ajoute peu à peu 23 à 30 litres d'ammoniaque liquide à 18° Baumé, en ne versant à la fois que les 4/5 d'un litre. Après avoir opéré le mélange complet, on chauffe le tout à 75° c. Par le refroidissement la murexide cristallise; on la recueille sur une toile.

Les eaux mères sont traitées exactement de la même manière pour ce qui concerne la température, mais la force de l'ammoniaque ne doit plus être que de 4 1/2° B.

Les eaux mères de cette nouvelle opération peuvent être réunies aux opérations subséquentes ou traitées une troisième fois avec de l'ammoniaque qui ne marque plus qu'un peu moins de 2° à l'aréomètre de Baumé.

A l'état de pureté, la murexide cristallise en prismes à 4 pans raccourcis, d'un vert doré magnifique; placés entre l'œil et la lumière, ils paraissent d'un rouge-grenat; ils produisent une poudre rouge qui prend sous le polissoir une couleur verte d'un éclat métallique. Peu soluble dans l'eau froide, elle se dissout en plus grande quantité dans l'eau chaude; elle est insoluble dans l'alcool et l'éther; elle se dissout dans la potasse caustique en prenant une magnifique couleur bleue; desséchée à l'aide de la chaleur, elle perd, suivant MM. Liebig et Woehler, 3 à 4 p. 100 d'eau d'hydratation.

Sa solution dans l'eau à 35° donne, avec le nitrate d'argent, un précipité rouge qui devient vert par la dessiccation et qui prend sous le polissoir un reflet métallique; l'acétate de plomb fournit de même un précipité.

Une dissolution bouillante de murexide traitée par l'acide sulfurique ou l'acide chlorhydrique dépose des paillettes nacrées, que Proust qui, le premier, les a préparées, nommait *acide purpurique*. Cette réaction fait entrevoir la constitution réelle de la murexide, qu'on peut regarder comme un *purpurate d'ammoniaque*. En effet, la liqueur débarrassée de l'acide purpurique contient du sulfate ou du chlorhydrate d'ammoniaque. En partant de ces données il est facile de formuler, tout en tenant compte de la composition centésimale à laquelle l'analyse a conduit, les transformations successives que subit l'acide urique et la production de la murexide; MM. Proust, Fritsche et Gmelin étaient arrivés à la même conclusion. En effet, l'acide purpurique est un acide éphémère qui, dès qu'il se trouve en liberté, se métamorphose en alloxane en dialuramide et en ammoniaque; on avait autrefois regardé comme des corps différents la murexane et l'uramile; Gerhardt a fait voir que ces deux corps n'en font qu'un qu'il nomme dialuramide. Or, l'acide urique oxydé plus ou moins énergiquement peut produire de l'alloxane et de l'urée, ou de l'alloxantine plus de l'urée; l'alloxane soumise à l'ébullition prolongée ou bien encore à l'influence des corps réducteurs se convertit en alloxantine, et cette dernière, sous l'influence de l'ammoniaque, forme du purpurate d'ammoniaque avec élimination d'eau.

Ces réactions expliquent la succession des phénomènes qu'on observe dans la transformation de l'acide urique en purpurate d'ammoniaque. La dialuramide sous l'influence des corps oxydants peut reproduire la murexide.

Le carmin de pourpre préparé pour les besoins des arts ne peut se fixer sur les fibres textiles ou les tissus (soie, laine et coton) que par l'intermédiaire des sels métalliques capables de former avec l'acide purpurique des précipités colorés insolubles. Les meilleurs résultats ont été fournis par l'emploi des sels de mercure et de zinc. Les premiers donnent une coloration rouge et

pourpre; les seconds conduisent à des nuances oranges et jaunes. Nous reviendrons plus loin sur ce sujet qui présente un grand intérêt de nouveauté. Mais avant d'abandonner l'étude de la murexide, nous devons ajouter qu'il serait intéressant de voir abaissé considérablement le prix de l'acide urique; le résultat ne semble devoir être atteint qu'autant qu'on le préparerait artificiellement et directement, au lieu de l'extraire avec plus ou moins d'économie des matières animales. Il y aurait, dans des recherches dirigées dans le sens que nous ne faisons qu'indiquer, espérance d'un profit considérable.

La murexide constituait probablement la célèbre pourpre des anciens. D'après M. Lacaze-Duthiers, les *murex*, dont on a tiré le nom de murexide, contiennent une substance colorante renfermée dans un organe particulier qu'on retrouve dans d'autres mollusques, principalement dans les *helix*; elle ne se colore en pourpre que par l'exposition à l'air au contact des rayons solaires.

15. Créosote (*acide rosolique*).

Il y a quinze ans, j'avais constaté dans des chaux ayant servi longtemps à la purification du gaz de houille la présence d'une matière particulière capable de produire une magnifique couleur rouge-cerise; cette matière, ou du moins une substance équivalente, a été retrouvée et proposée comme matière applicable à l'art de la teinture; il y a tout lieu de penser que ce principe n'est autre que l'acide *rosolique* de Runge.

Acide rosolique — D'après M. Smith, lorsqu'on traite la créosote par un mélange de soude caustique et d'oxyde de manganèse à la chaleur de sa volatilisation, il se forme du rosolate de soude soluble dans l'eau, qu'on décompose par un acide; ce corps est d'une magnifique couleur rose; malheureusement jusqu'à présent il n'est pas inaltérable à l'air, et l'acide carbonique suffit pour l'altérer. Cette circonstance a rendu jusqu'à présent son application de la plus grande difficulté. Ce point a fixé l'attention de plusieurs chimistes, et M. Dussart a publié sur ce sujet les observations suivantes :

Quand on répète les expériences de Runge, on obtient en effet un corps rouge dont l'intensité de couleur s'accroît par la combinaison avec les alcalis, et qui forme une laque rouge avec l'alumine; mais la quantité de ce produit est toujours faible. Les réactions de l'acide rosolique font supposer qu'il est identique avec les produits de l'oxydation de l'acide phénique en présence des alcalis; son existence se rattacherait donc aux composés si remarquables préparés par Laurent. L'acide de M. Dussart est un corps rouge très-friable, fusible avec décomposition. Lorsque, après sa précipitation, on le sèche à 80° degrés, il se transforme isomériquement et se présente avec une couleur vert-cantharide très-brillante; la pulvérisation le ramène à son premier état; acide faible, il est peu soluble dans l'eau, très-soluble dans l'alcool et l'éther, soluble dans les carbonates alcalins sans déplacement d'acide carbonique, soluble dans les alcalis caustiques avec une magnifique couleur rouge-cerise précipitable par les acides les plus faibles et ne formant pas de laque avec l'alumine. L'acide extrait de la créosote semble contenir des matières qui sont la cause de la formation de cette laque dans le cas où elle se forme. La chaux, la baryte, la strontiane donnent des sels moins solubles; les sels métalliques précipitent des sels insolubles différemment colorés. Distillé sur de la chaux potassée, il régénère de l'acide phénique en même temps qu'une portion se détruit. L'acide sulfureux liquide ne le décolore pas. D'après les recherches de M. Dussart, l'acide extrait de la créosote n'aurait pas la même composition.

MM. Arnaudon et Persoz fils ont examiné ce produit au point de vue de la teinture, ils ont pu le fixer; l'acide libre donne sur la laine et sur la soie préparées par l'alun une magnifique couleur jaune orangé; lorsqu'on fait virer cette couleur dans un bain d'eau de baryte à 25 degrés centigrades, on obtient la couleur rouge-cerise caractéristique de ce principe qui semble laisser à désirer quant à la solidité.

Les recherches récentes de M. Hugo-Mueller semblent devoir confirmer les idées de M. Dussart sur l'origine de l'acide rosolique, qu'il rattache à l'acide phénique. Pour l'extraire en effet du goudron de gaz, on le traite par un sel de chaux qu'on épuise au moyen d'une dissolution bouillante de carbonate d'ammoniaque; la dissolution filtrée présente une magnifique couleur carmin; lorsqu'on évapore à siccité, il se dépose une résine qui n'est que de l'acide rosolique impur; on le purifie en le traitant successivement par l'alcool, l'hydrate de chaux, l'eau et l'acide acétique. Plusieurs traitements successifs abandonnent l'acide rosolique à l'état de pureté. C'est une substance amorphe d'un vert foncé, possédant les reflets des cantharides; sa poussière est rouge, mais elle prend un éclat doré lorsqu'on la frotte sur un corps dur et poli. Elle est translucide en lames minces; elle présente alors une couleur rouge-orange.

L'acide rosolique précipité par l'eau de sa dissolution alcoolique se présente sous forme de flocons rougeâtres purs qui s'agglomèrent à 60° et se résolvent en un liquide lourd d'un vert foncé presque noir. Ce liquide est soluble dans l'alcool, l'éther, l'acide phénique, la créosote et les acides acétique, chlorhydrique et sulfurique. Quand on emploie l'eau bouillante comme dissolvant, il se précipite par refroidissement sous forme d'une poudre rouge-cinabre. Il est insoluble dans le chloroforme, la benzine et le sulfure de carbone.

L'acide rosolique est un acide très-faible; il ne se combine qu'avec l'ammoniaque, et les alcalis purs forment des sels colorés en rouge; mais ces combinaisons sont tellement instables, que l'acide carbonique de l'air suffit pour les décolorer; la lumière solaire agit de même. Cette circonstance rendra probablement son emploi dans l'industrie excessivement difficile; cependant il est possible qu'on puisse remédier au manque de solidité; il paraît même que les manufacturiers anglais sont sur la voie, s'il est vrai qu'ils transforment, comme MM. Lowe et Calvert l'ont annoncé, les produits du goudron de houille en une matière colorante rose capable de rivaliser avec les roses de carthame et les cramoisis de garance. Cette couleur, d'un prix encore très-élevé, résiste, d'après les chimistes que nous venons de nommer, aux savons et à la lumière. Avec de semblables qualités, ce principe, provenant d'une matière première qui n'est certes pas rare, ne peut manquer de trouver sa place dans la grande industrie. A ces colorations se rattacheraient évidemment les composés de Laurent, sur lesquels nous avons insisté lorsque nous avons voulu faire pressentir l'importance de l'avenir des arts chimiques dans leur application l'art de la teinture.

16. Rouge d'aniline (*fuchsine*, *azaléine*, *acide fuchsique*).

Alexandre Hervey, chimiste distingué de Glascow, a mis à profit dès 1857, la coloration que l'aniline produit avec le chlorure de chaux, et les manufactures d'Angleterre sont parvenues à fixer cette couleur sur les tissus de coton. A de nouveaux titres l'aniline a pris dans la teinture une place importante depuis qu'elle sert à produire la plus riche et la plus éclatante couleur rouge que l'industrie possède.

D'après M. Fritsche, lorsqu'on soumet à la distillation sèche l'acide anthranilique ou l'indigo dissous dans la

potasse, après l'avoir mêlé de deux fois son poids de sable ou de verre en poudre pour multiplier les surfaces, il se dégage de l'acide carbonique en même temps qu'il se condense dans le récipient un liquide particulier, base des magnifiques couleurs rouges et violettes dont la chimie vient de doter l'art de la teinture. Ce liquide constitue l'*aniline*, qu'on avait désignée successivement sous les noms de *cristalline*, de *benzidame*, d'*amide phénique*, de *cyanol*, jusqu'à l'époque à laquelle le nom d'aniline prévalut dans la science.

Aniline.—Nous venons d'indiquer deux circonstances dans lesquelles l'aniline prend naissance; elles sont très-variées, et nous croyons devoir en indiquer quelques autres parce qu'elles pourront peut-être un jour fournir aux besoins de l'industrie.

1° La nitrobenzine en dissolution alcoolique, saturée d'abord par de l'ammoniaque, puis par de l'hydrogène sulfuré, donne un dépôt de soufre et des aiguilles jaunes cristallines à 0°, qui par le repos se transforment en aniline; on la dégage par l'ébullition. Chauffée sur de la chaux rouge, la benzine nitrique se transforme encore en ce même liquide.

2° Le phénate d'ammoniaque, scellé dans un tube de verre pour être abandonné quinze jours dans un four à des températures convenables, fournit de l'aniline.

3° Runge et Hoffmann en ont constaté la présence dans l'huile de goudron.

4° Par la distillation de la salicylamide sur de la chaux vive, il se dégage de l'aniline, si la température n'est pas trop élevée.

5° Les espèces chlorées et bromées du genre isatine, de même que l'isatine, mêlées à de la potasse et distillées avec ménagement, fournissent de l'aniline.

Jusqu'en 1854, l'aniline n'était considérée que comme une substance curieuse; on ne la connaissait guère que dans les laboratoires, l'industrie ne s'en préoccupait en aucune façon tant son prix était élevé: cette situation dut changer quand on entrevit pour l'industrie la possibilité d'en tirer parti. Grâce aux travaux de MM. Renard frères et Franc, grâce aux recherches suivies de M. Béchamp, ainsi qu'aux travaux pratiques de M. Tabourin, la fabrication de l'aniline est aujourd'hui courante industriellement, et cette matière peut être livrée sous le prix de 20 à 25 fr. le kilogramme.

Voici la méthode proposée par M. Béchamp: dans une cornue spacieuse on introduit une partie de nitrobenzine, 1,2 de limaille de fer bien décapée, une partie d'acide acétique concentré du commerce (vinaigre de Mollerat) exempt d'acide minéral. La quantité d'acide acétique doit être telle que le fer y soit complétement immergé; bientôt, sans chauffer, la réaction s'établit d'elle-même; elle devient excessivement vive, la température s'élève, et le liquide entre en ébullition; on refroidit le récipient, il se forme de l'aniline, de l'acétate d'aniline, et un peu de nitrobenzine qu'on recueille dans un récipient ajusté sur la cornue. Lorsque la cornue est refroidie, on ajoute ce qui s'est déjà volatilisé, puis on distille aux trois quarts. On verse dans la cornue un lait de chaux presque pâteux, puis on distille tant qu'il passe de l'aniline. Au produit distillé on ajoute un excès d'une dissolution concentrée de potasse, ou de carbonate de soude, ou d'hydrate de chaux; l'aniline hydratée se sépare et vient à la surface. En ajoutant la nitrobenzine par petites portions à la fois, on modère l'opération, qui est tellement régulière que MM. Renard frères et Franc, à Lyon, fabriquent actuellement jusqu'à 100 kilog. d'aniline par jour.

La nitrobenzine se prépare avec la benzine retirée du goudron. Les huiles légères de houille à 27 degrés donnent à la distillation, entre 70 et 80 degrés, de 25 à 30 p. 100 de benzine, qui fournit environ 90 p. 100 de nitrobenzine. Dans ces bonnes conditions, l'aniline rentre à 20 fr. le kilog.; on vend à Londres 25 fr. le kilog. d'aniline anglaise. L'industrie française produit donc l'aniline au prix que M. Béchamp avait fixé. M. Perkin, en Angleterre, régularisant l'action de l'acide chromique sur l'aniline, a préparé le violet d'aniline que MM. Franc et Tabourin fabriquent, sous le nom d'indisine, sur une vaste échelle. MM. Renard frères et Franc ont ouvert une voie nouvelle d'application de l'aniline, en étudiant avec M. Verguin la magnifique couleur rouge que l'aniline produit dans des circonstances variées; on en tirera bientôt du bleu.

A l'état de pureté, l'aniline est un corps incolore d'une densité de 1,028, doué d'une odeur aromatique forte et désagréable; peu soluble dans l'eau, elle se mélange en toutes proportions avec l'alcool et l'éther. Le contact de l'air la colore en brun rouge brunâtre et finit par la transformer en une résine jaunâtre. Elle bout à des températures qui ont été fixées entre 182 et 228°; elle coagule l'albumine.

La solution des hypochlorites alcalins se colore par l'aniline en bleu foncé violacé; le chlorure de chaux produit le même effet; la couleur est variable d'intensité, suivant la concentration du liquide. Cette couleur passe au rouge sale au contact des acides.

L'aniline décompose les sels de peroxyde et de protoxyde de fer; il se précipite des oxydes hydratés; elle précipite aussi les sels de zinc et d'étain. Elle précipite encore les chlorures de mercure, de platine, de palladium et d'or. Les nitrates d'argent et de mercure résistent sans altération. L'aniline forme avec les acides des composés définis qui cristallisent dans l'alcool et dans l'eau; les alcalis minéraux régénèrent l'aniline inaltérée. Le chlore gazeux la noircit avec dégagement d'acide chlorhydrique; au bout de quelques instants tout le liquide ne forme plus qu'une masse résinoïde noire, qui donne de l'acide phénique trichloré lorsqu'on la soumet à la distillation.

L'acide nitrique étendu dissout l'aniline sans l'altérer; il se forme du nitrate d'aniline qui rougit à l'air. Mais l'acide concentré fumant la transforme en un principe qui devient jaune, et finit par se transformer avec une réaction très-vive en acide picrique.

Rouge d'aniline. — Telles étaient les propriétés connues de l'aniline, lorsque M. Verguin, attaché comme chimiste au laboratoire de MM. Renard frères de Lyon, découvrit la transformation remarquable que ce corps subit lorsqu'on le met en contact à la température de l'ébullition avec le bichlorure d'étain. Cette réaction de l'aniline et du bichlorure d'étain est tellement tranchée que, quelles que soient les proportions du mélange, on obtient toujours la magnifique coloration rouge-groseille qui caractérise la fuchsine. Elle se forme tout aussi bien en présence d'un excès du bichlorure d'étain que lorsqu'il y a de l'aniline en excès. On forme dans une marmite en fonte émaillée (de Rogeat frères à Lyon) un mélange de 8 kilogrammes d'aniline anglaise et de 4k.5 de bichlorure d'étain (liqueur fumante de Libavius). Cette marmite est placée au-dessus d'un foyer mobile. On prépare le mélange à froid en ajoutant le bichlorure par petites portions et agitant légèrement sous une hotte dans laquelle on lance de la vapeur pour activer le tirage. On le laisse au repos une heure ou deux, puis on chauffe en agitant et maintenant à l'ébullition durant le temps nécessaire au développement de la nuance, c'est-à-dire environ 20 minutes. On la juge en regardant par transparence la tige de verre qui sert d'agitateur. La masse, d'un rouge vif intense et d'une consistance mielleuse, est abandonnée quelques instants au refroidissement et coulée dans des vases de grès pesés; on en retire environ 12 kilog.; on la livre au commerce sous le nom de *fuchsine*. Elle doit ce nom, non pas à ce fait qu'en al-

lemand Fuch veut dire Renard, nom de l'inventeur, circonstance fortuite, mais parce qu'elle rappelle la brillante couleur des fleurs qui composent le genre *fuchsia*.

Le bichlorure d'étain hydraté peut concourir à la formation du rouge d'aniline, comme la liqueur fumante de Libavius.

Le bichlorure d'étain n'est pas le seul agent qui, chauffé sur de l'aniline, la transforme en fuchsine.

Lorsqu'on porte à la température de l'ébullition un mélange de 2k.3 de protonitrate de mercure et 4k.2 d'aniline anglaise, on observe qu'après une heure de contact la masse prend une consistance à peu près sirupeuse et la couleur rouge violacé de la fuchsine ; une quantité considérable de mercure réduit s'accumule au fond du vase, et on le sépare par décantation. La masse rouge, coulée dans des pots de grès, est mise dans le commerce par MM. Monnet et Dury sous le nom d'azaléine, d'après le brevet de M. Gerber-Keller.

Les propriétés physiques et chimiques de ces substances prouvent l'identité complète de la fuchsine et de l'azaléine.

C'est encore de la fuchsine qui prend naissance dans le contact à la température de 200° de l'aniline avec le protosulfate d'étain, le fluorure d'étain, le nitrate d'urane, le nitrate de peroxyde de fer, l'iodoforme et l'iode. Dans toutes ces circonstances, la production de la fuchsine se constate de la manière la plus nette tant par l'application qu'on en peut faire à la teinture des fibres textiles de nature animale (laine et soie), que par la mise en évidence des caractères essentiels qui la distinguent.

A la liste des corps que nous venons d'indiquer il faut en ajouter d'autres, le bichlorure de mercure, le perchlorure de fer, le protochlorure de fer, le protochlorure de cuivre, le bisulfate d'étain, le protosulfate de mercure, le deutosulfate de mercure, le deutonitrate de mercure, le nitrate d'argent, le bifluorure d'étain, le bifluorure de mercure, le bibromure de mercure, l'iodure d'étain, le chlorure d'urane, le chlorate de mercure, l'iodate de mercure, le sesquichlorure de carbone, tous ces corps agissant à la température d'environ 200°. Nous généralisons les circonstances dans lesquelles se forme la fuchsine en disant que *trois* éléments concourent toujours à la produire ; l'un est physique, c'est la chaleur, et que, tandis que deux de ces agents l'*aniline* et la chaleur dont le degré correspond au point d'ébullition de l'aniline, environ 200°, sont invariables et constants, le troisième est essentiellement variable, comme on en peut juger d'après les nombreux brevets qu'on a voulu greffer sur le premier brevet de MM. Renard frères et Franc. Il n'y a rien d'étonnant qu'on ait pu remplacer l'un quelconque des agents que nous venons d'indiquer par l'acide nitrique (brevet Depouilly et Lauth), ou l'acide arsénique (brevet Girard et Delaire), ou l'oxyde puce de plomb (Girard et Delaire, *cristallinéine*). MM. Renard frères et Franc, dans leur brevet du 8 avril et les additions qui s'y rattachent, renoncent eux-mêmes à décrire toutes les substitutions possibles lorsqu'ils disent : « étant bien entendu que quelles que soient les manipulations effectuées, quels que soient les corps employés, nul ne peut fabriquer la matière rouge extraite par nous de l'aniline, sans porter atteinte à notre droit d'inventeurs, qui a pour base première, pour but exclusif et pour résultat définitif, non pas un procédé, ni une substance quelconque, mais bien la nouvelle matière rouge résultant de nos travaux. »

Le tribunal de la Seine a confirmé ces prétentions par un jugement en date du 31 août 1860, conformément aux conclusions d'un rapport d'expert Persoz, de Luynes et Salvétat, dont nous extrayons la majeure partie des renseignements que nous avons reproduits ici.

Si la fuchsine est un produit constant de la réaction individuelle de différents agents sur l'aniline à la température en quelque sorte déterminée par le point d'ébullition du mélange fixe, nous devons faire remarquer que suivant les circonstances et la nature de l'agent employé cette fuchsine peut être obtenue sensiblement pure, ou bien se trouver accompagnée d'un excès d'aniline, d'une matière violette qui semble n'en être qu'une modification, d'une petite quantité d'*indisine*, avec la matière goudronneuse qu'accompagne toujours cette dernière lorsqu'elle vient à prendre naissance.

Pour comprendre qu'il puisse en être ainsi, nous répéterons les résultats de quelques expériences que nous avons dirigées dans le but d'établir, s'il était possible, la cause de la transformation de l'aniline en fuchsine.

Les chimistes qui jusqu'à ce jour ont abordé cette délicate question répondent que la fuchsine résulte d'un phénomène d'oxydation qui se produit soit directement lorsque l'agent variable peut fournir l'oxygène nécessaire, soit indirectement lorsqu'on fait intervenir un composé bromé, chloré, fluoré qui décompose l'eau pour mettre de l'oxygène en liberté. Au premier abord, cette opinion paraît assez fondée, mais elle ne rend pas compte de la formation de la fuchsine, lorsqu'on remplace le nitrate de protoxyde de mercure par le sesquichlorure de carbone, par l'acide arsénique, par le sulfate de protoxyde d'étain, etc.

Les choses ne nous paraissent pas être si simples qu'on le prétend. Et, d'abord, si dans la préparation de la fuchsine au moyen du nitrate de mercure, tout le mercure se trouve revivifié, la fuchsine ainsi préparée n'est jamais pure, elle est toujours accompagnée d'une forte proportion de résine et d'une faible quantité d'indisine qui donne un ton plus ou moins bleu. L'action est des plus complexes. D'autre part, quand on a recours à l'acide arsénique, la fuchsine se produit sans réduction de l'acide arsénique, c'est-à-dire sans formation d'acide arsénieux, comme le fait voir l'expérience suivante :

On prend 12 gr. d'acide arsénique pur qu'on a fait dissoudre dans 12 gr. d'eau, et on mêle le tout avec 10 gr. d'aniline pure. Ce mélange introduit dans un appareil distillatoire est porté progressivement, dans l'espace de six à sept heures, de la température ordinaire à celle de 100, 120, 160 et 180°. Une portion de l'aniline, 2 gr. environ, échappe à la réaction et vient se condenser dans le récipient. Quant au résidu, il se dissout presqu'en entier dans l'eau, et l'arsenic se retrouve en totalité dans la liqueur à l'état d'*acide arsénique*. C'est à peine si l'on peut constater les traces d'*acide arsénieux*.

On n'est donc pas fondé, d'après cette expérience, à dire que la fuchsine est le résultat d'une oxydation subie par l'aniline.

Au reste, ce n'est pas le seul fait qui justifie cette proposition; le nitrate d'aniline employé comme agent variable de la réaction transforme l'aniline en fuchsine, sans qu'il se dégage la moindre trace de l'un de ces composés nitreux qui apparaissent toujours et nécessairement toutes les fois que l'acide nitrique ou les nitrates interviennent dans une réaction comme agent oxydant.

Selon toute probabilité, le développement de cette matière colorante, si tant est qu'elle dérive uniquement de la molécule aniline, résulterait d'une modification physique; en un mot, ce serait un changement d'état moléculaire provoqué par l'agent chimique variable que l'on met en présence de l'aniline. On s'explique ainsi comment, en faisant varier les conditions de température et la nature de l'agent, on parvient à faire naître un produit rouge plus ou moins violacé.

Nous avons actuellement plusieurs faits qui autorisent une pareille hypothèse ; c'est d'abord ce dérivé

de l'indigo signalé dans la brochure sur le vert de Chine (Paris, 1858), qui, seul, et par l'unique fait d'une variation de température imprimée à sa dissolution, permet de réaliser *toutes les couleurs simples binaires ou ternaires*, le ponceau excepté. D'autre part, M. Jules Persoz vient de démontrer (*Répertoire de chimie*, 1860) que la lumière secondée de l'action de la chaleur provoque un ébranlement moléculaire dans les éléments constitutifs de l'acide nitrocuminique, dont l'effet est la production d'une belle couleur cramoisie.

Quels que soient les procédés appliqués à la préparation de la fuchsine, nous avons démontré, et par les propriétés des teintures obtenues et par les caractères physiques, qu'il se formait toujours une même substance, et nous avons conclu que l'azaléine, la fuchsine, la cristallinéine étaient identiques au double point de vue de leurs applications et de leur nature chimique.

Nous ferons remarquer que ces trois matières se comportent également bien à la teinture ; toutefois, lorsqu'on prépare la fuchsine au moyen du bichlorure d'étain et des dosages que nous avons indiqués, le rouge d'aniline traité par l'eau bouillante peut être immédiatement employé, tandis que lorsqu'on fait usage du sel de mercure, la couleur est accompagnée de résine, qu'il faut éliminer par une ébullition préalable, prolongée plusieurs heures, pour éviter les taches dont les tissus peuvent être maculés. Si l'on veut imprimer, la fuchsine préparée par le bichlorure d'étain doit être délayée dans l'acide acétique, puis épaissie à la gomme. On se sert d'acide acétique pour atténuer les effets du composé d'étain qui détruit au fixage la vivacité de la nuance.

Nous terminerons cette étude par l'exposé des caractères chimiques de la fuchsine, en ne perdant pas de vue que ces caractères appartiennent aux trois substances qu'il convient de confondre et qu'on avait désignées pour des motifs qu'il est facile de saisir sous les noms d'azaléine et de cristallinéine.

Lorsqu'on veut isoler la matière colorante de tout principe étranger, on délaye le rouge d'aniline brut dans six ou sept fois son volume d'alcool et on filtre pour éloigner les parties insolubles. On verse de l'ammoniaque dans chacune des dissolutions alcooliques jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de précipité ; on jette sur un nouveau filtre pour éliminer tout ce qui n'est pas soluble ; il reste un liquide incolore ou légèrement ambré contenant la totalité de la matière colorante. La liqueur ammoniacale est saturée par de l'acide acétique ; on y verse une dissolution saturée de bichromate de potasse, qui produit un précipité rouge qu'on recueille sur des filtres et qu'on lave. Le lavage doit être fait avec précaution, parce que tant que la liqueur et les eaux de lavage sont chargées de matières salines, le précipité ne se dissout pas sensiblement ; mais aussitôt que l'eau sort exempte de sels, la liqueur devient d'abord rouge-orange, à cause des dernières traces de chromate de potasse, et enfin rouge-groseille pur. A partir de ce moment, en lavant à l'eau chaude, on obtient une dissolution de la matière colorante pure, quelle que soit l'origine du produit ; l'évaporation la dépose sous forme d'une masse verte magnifique ayant les plus beaux reflets de la cantharide. On peut teindre en rouge vif sans avoir à constater les différences qui caractérisent quelques-uns de ces produits, l'azaléine, par exemple.

On peut substituer à l'ammoniaque, employée comme base capable de s'emparer de la matière colorante pour former avec elle une combinaison soluble, la baryte ou la chaux caustique en dissolution, à froid, mais surtout à chaud ; dans ces circonstances, la fuchsine entre en dissolution comme l'aurait fait, à froid, l'acide carthamique, au contact des carbonates alcalins, sans perdre de ses propriétés tinctoriales, puisqu'il suffit, pour les remettre en évidence, de saturer par un acide les liqueurs alcalines, et de plonger dans le bain la soie ou la laine.

Les dissolutions provenant des traitements successifs indiqués ci-dessus, contenant la matière colorante pure, ont été soumises à l'action comparative de quelques réactifs, à l'effet de constater les différences qui pourraient exister entre elles.

Les alcalis caustiques, les carbonates alcalins en opèrent la décoloration soit à froid, soit à chaud, mais sans détruire la couleur, car celle-ci reparaît à volonté moyennant l'intervention d'une quantité convenable d'acide.

Le chlorure de platine trouble à peine ces dissolutions ; mais, au bout d'un certain temps, il se forme dans toutes un précipité pourpre violacé.

Le chlorure d'or donne spontanément un précipité pourpre foncé dans toutes ces liqueurs.

Le sulfocyanure de potasse versé dans ces dissolutions n'y produit d'abord rien de sensible ; mais, au bout d'un certain temps, on y voit apparaître un précipité couleur pourpre de Cassius.

Le protochlorure d'étain, à froid, décolore presque complétement toutes ces dissolutions ; à chaud, elles affectent une couleur rosée lie de vin ; et si, pareillement modifiées, on y verse quelques gouttes d'acétate de soude, il se forme à l'instant une laque rose.

A froid, les couleurs de toutes ces dissolutions se modifient déjà d'une manière notable en présence du perchlorure d'étain ; à chaud, l'altération est bien plus prononcée, car on ne peut précipiter de la liqueur qu'une laque rosâtre et sale.

Mélangés avec les dissolutions de manganate et de permanganate de potasse, il ne se fait aucun précipité, et cependant, il y a altération de la matière colorante, puisque ces liqueurs ne teignent plus qu'en nuance fauve.

Les sels d'urane produisent, au bout d'un certain temps, un léger précipité dans toutes ces dissolutions.

L'hyposulfite de soude fait virer la nuance rouge-cerise à une nuance violacée.

Le chlore bleuit d'abord ces liqueurs et les décolore ensuite.

Le chlorure de chaux décolore partiellement toutes ces liqueurs à froid ; si, au contraire, on le fait réagir à chaud, la destruction de la matière colorante est complète, et le chlorure stanneux ne peut plus faire reparaître la couleur.

Les sels saturés à base alcaline ne donnent lieu à un précipité dans ces dissolutions qu'autant que les liqueurs sont extrêmement concentrées, et qu'un précipité peut prendre naissance en vertu de cette action spéciale qui fait que le carmin d'indigo, que le savon corps très-solubles dans l'eau, peuvent y devenir insolubles sous l'influence de certaines matières salines.

L'acide sulfureux décolore ces dissolutions ; mais l'intervention d'un agent oxydant, employé avec précaution, permet de les faire renaître.

Cette étude chimique de la fuchsine se complète facilement par l'expérience répétée directement sur des tissus teints.

Exposés à l'action du chlore gazeux, tous les échantillons se comportent de la même manière : les couleurs bleuissent d'abord, puis disparaissent, en apparence du moins, car elles reparaissent, profondément modifiées, il est vrai, lorsqu'on plonge les échantillons ainsi modifiés par le chlore dans une solution d'acétate d'ammoniaque.

L'acide sulfurique concentré se comporte d'une manière remarquable en présence de ces couleurs fixées par la teinture : toutes les parties du tissu où l'on dépose cet acide passent immédiatement au jaune-citron ; cette nuance étant une fois bien développée, si l'on

TEINTURE.

rince l'échantillon, les parties jaunes repassent au gris, et enfin à leur ton primitif, si l'on plonge les échantillons dans une solution d'acétate d'ammoniaque.

L'acide hypochloreux concentré appliqué sur ces échantillons teints modifie la couleur, qui passe au gris violacé; ici encore la destruction de la matière tinctoriale n'est point complète, puisqu'il suffit d'immerger les échantillons dans l'acétate d'ammoniaque, de rincer ensuite pour faire revivre la couleur, un peu dégradée à la vérité, ce qui n'a pas lieu avec l'acide sulfurique.

L'acide sulfurique nitreux concentré, et étendu d'eau au moment même, altère la couleur de tous ces échantillons; dans aucun cas, on ne peut la faire reparaître; le tissu même est altéré.

Les échantillons immergés dans un bain d'acide sulfureux ne tardent pas à s'y décolorer; mais leur couleur n'est point détruite; on peut la faire reparaître dans tous, à l'intensité près, moyennant l'intervention d'un agent oxydant agissant progressivement.

Le sulfhydrate d'ammoniaque décolore immédiatement tous les tissus; une portion de la matière tinctoriale modifiée passe en dissolution à la faveur du rôle basique de ce sulfhydrate. Les parties de la matière colorante qui ont abandonné le tissu, comme celles qui y sont adhérentes, sont toujours régénérées au moyen de l'acide acétique.

L'ammoniaque se combinant avec la matière colorante pour former un composé incolore, les échantillons teints, étant plongés dans cette dissolution alcaline, s'y décolorent, avec cette particularité, que le changement de couleur est plus rapide dans l'échantillon teint avec la fuchsine produite au moyen du bichlorure d'étain. La présence de la résine dans les autres produits explique cette circonstance.

Les alcalis caustiques et carbonatés se comportent de la même manière que l'ammoniaque avec toutes ces dissolutions, pourvu qu'on élève la température s'il s'agit des carbonates; et pour remettre en évidence la couleur de la fuchsine avec toutes ses propriétés caractéristiques, il suffit de neutraliser par l'acide acétique les parties imprégnées par l'alcali.

Au surplus, l'identité de la matière colorante extraite des divers produits que le commerce prépare, purifiée et ramenée à un état comparable, est mise hors de doute par un ordre de preuves essentiellement chimiques.

On prétendait que la fuchsine préparée par le bichlorure d'étain était chlorée, et qu'en conséquence il était impossible de la confondre avec la matière obtenue par le nitrate de mercure, agent qui, de son côté, ne peut fournir que de l'oxygène.

Cette manière de voir ne s'accorde pas avec l'expérience. En effet, si l'on prend l'une ou l'autre des matières obtenues par le bichlorure d'étain ou par le nitrate de mercure, en les brûlant dans un creuset de platine avec un mélange de nitre et de carbonate potassique purs, on ne trouve pas de chlore dans le résidu de la combustion, lorsque la purification de la matière a été complète.

D'autre part, en dosant les deux éléments importants de la fuchsine extraite de tous ces produits bruts, rouges dérivés de l'aniline, savoir, le carbone et l'azote, on retrouve toujours environ 70 p. 100 de carbone et 13 p. 100 d'azote.

M. Béchamp, admettant que la fuchsine est oxydée, la représente par les formules

$$C^{12}H^{5}AzO \text{ ou } C^{12}H^{6}AzO$$

qu'il croit qu'on devra doubler. (*Annales de chimie*, t. LIX, p. 407). Elles correspondent à 72,5 de carbone et 14,10 d'azote.

Quel caractère peut-on assigner à la fuchsine, relativement à sa manière d'être vis-à-vis des autres corps? Sans vouloir contester qu'elle puisse jouer le rôle de base dans certains cas, nous nous croyons autorisés à admettre qu'elle remplit non moins souvent, et peut-être plus, le rôle d'acide. Sous l'influence des acides, la fuchsine peut toujours teindre, car, dans ces circonstances, elle est libre et apparaît avec toutes ses propriétés. Au contraire, en dissolution dans les bases puissantes, potasse, soude, ammoniaque, etc., avec lesquelles elle fonctionne comme un véritable acide, elle devient incolore; elle ne teint plus; il faut l'intervention d'un acide pour la déplacer et pour lui rendre son aptitude à se combiner avec les fibres textiles.

Il est donc incontestable que la fuchsine se produit dans un grand nombre de circonstances avec les mêmes caractères organoleptiques et chimiques; il n'en reste que plus curieux qu'on ait été si longtemps à découvrir cette précieuse transformation de l'aniline que tant de chimistes, et des plus habiles, avaient maniée si souvent (Fritsche, Laurent, Gerhard, Hoffmann).

S'il est un essai qui devait frapper les savants et les industriels, et leur donner une idée du pouvoir colorant renfermé dans l'aniline, c'est évidemment l'expérience de Stenhouse qui fit voir qu'il suffit de quelques gouttes de *furfurol* pour colorer l'aniline en rouge intense; la réaction est si nette que ces deux agents deviennent les réactifs les plus précieux qu'on connaisse pour se déceler réciproquement.

Lorsqu'on traite par le furfurol une dissolution d'aniline dans l'acide acétique moyennement concentré, en ajoutant le furfurol goutte à goutte, la liqueur devient rouge; le liquide se décolore par le repos, en même temps qu'il se forme sur les parois du vase une masse poisseuse foncée qui possède le reflet vert des cantharides et qui constitue la matière colorante presque pure. Cette substance, lavée et séchée, devient dure et cassante avec un magnifique éclat vert doré.

M. J. Persoz a fait une étude de ce corps remarquable dans lequel le furfurol semble entrer comme partie constituante; presque insoluble dans l'eau, cette matière se dissout dans l'alcool, dans l'esprit de bois et dans l'acide acétique concentré; comme la fuchsine, elle est décolorée par l'ammoniaque et reprend sa couleur par l'acide acétique concentré.

Soumise à des essais de teinture, elle se combine directement aux tissus de laine et de soie; les nuances sont aussi vives que celles obtenues au moyen de la fuchsine; malheureusement elles n'ont aucune stabilité; elles disparaissent en quelques heures, même à l'abri de la lumière; en fragments épais, la couleur s'altère aussi, elle colore alors l'alcool en brun.

Le furfurol est-il seul capable de colorer l'aniline en rouge? M. Horace Kœchlin a remarqué qu'en traitant par l'acide chlorhydrique un mélange d'aniline et de goudron de bois, on obtient une matière d'un très-beau rouge qui rappelle par ses propriétés le produit que M. Renard livre au commerce sous le nom de fuchsine, et dont vainement on lui conteste la propriété.

17. Orcanette (*orcanettine*, *anchusine*).

On emploie en pharmacie, pour colorer en rouge les matières grasses, une substance particulière qu'on désigne sous le nom d'orcanette, et dont l'étude eût pu suivre celle de la racine de gremil, c'est la racine du *lithospermum tinctorium*. On nommait d'abord orcanettine le principe colorant qui se trouve surtout dans la partie corticale. On la traite par l'éther, on filtre et on fait évaporer. Le résidu fusible à 60 degrés est une résine impure à laquelle on a donné le nom d'orcanettine.

Orcanettine. — Ce principe est soluble dans l'alcool et dans l'éther qu'il colore en rouge; l'eau n'en dissout que des traces et précipite toute l'orcanettine de sa

TEINTURE.

dissolution alcoolique ; l'acide acétique la dissout ; sa dissolution ne précipite pas la gélatine.

La potasse, la soude, la baryte, la strontiane forment avec elle des dissolutions bleues; l'acétate de plomb forme un précipité bleu ; le précipité est plus abondant avec le sous-acétate. Le chlorure d'étain donne un dépôt cramoisi, les sels de fer et d'alumine un précipité violet. La couleur de ces laques, qu'on peut employer dans l'impression, a motivé la place que nous donnons à cette matière colorante en tête des matières violettes. L'acide sulfurique la décompose; l'acide nitrique la transforme en une matière jaune amère et en acide oxalique. Elle est détruite par le chlore. La solution alcoolique d'orcanettine additionnée d'eau bouillante passe au violet et vire au bleu par la concentration; elle s'altère par l'évaporation, en laissant une matière noire comme résidu. Ce résidu colore l'alcool et l'éther en lilas et les huiles en bleu. Les acides le verdissent et les alcalis le ramènent au bleu.

Pelletier a fait voir que l'orcanettine n'était pas un principe défini ; il en a retiré l'*anchusine*, qu'il considère comme plus pure.

Anchusine. — M. Lepage, pharmacien à Gisors, pour préparer l'anchusine épuise l'orcanette réduite en poudre grossière par le sulfure de carbone ; il distille les liqueurs réunies et expose pendant quelque temps à la chaleur du bain-marie le résidu qu'il traite par une liqueur alcaline contenant 2 p. 100 de soude caustique. L'anchusine se dissout; on la traite par l'acide chlorhydrique; le précipité ne se forme qu'après vingt-quatre heures au moins; on le lave et on le fait sécher.

Nous avons dit l'analogie que présentait au point de vue des caractères chimiques la lithospermine extraite par MM. Ludwig et Kromayer de la racine de grémil, et la matière que MM. Bolley et Wydler ont retirée de l'alkanna tinctoria, plante également de la famille des borraginées.

Ces matières, qu'on peut précipiter à l'état de laques, pourront être employées dans l'impression; elles produiront des nuances particulières qui peuvent constituer des nouveautés à des moments donnés.

18. Violet d'aniline (*aniléine, harmaline, indisine*).

Nous avons déjà fait connaître les propriétés de l'aniline; nous rappellerons celles qui ont servi de point de départ à son emploi dans l'art de la teinture pour obtenir des nuances d'un magnifique violet. On lit dans Gerhardt :

« La solution des hypochlorites alcalins se colore par l'aniline en bleu violacé. Cette couleur est très-fugace et passe rapidement au rouge sale, surtout au contact des acides. Une coloration bleue semblable se produit avec l'acide sulfurique et le chromate de potasse.... Une solution aqueuse d'acide chromique produit dans les solutions d'aniline un précipité coloré en vert, bleu ou noir, suivant la concentration de la liqueur précipitée. On peut mêler l'aniline avec l'acide nitrique étendu sans qu'elle se décompose; mais, en employant l'acide nitrique concentré et fumant, il suffit d'en verser quelques gouttes sur l'aniline pour qu'elle se colore à l'instant même en bleu foncé.

« Lorsqu'on fait agir du chlore sur l'aniline dissoute dans l'acide chlorhydrique, le liquide se colore en violet, se trouble et sépare une masse brune et résinoïde (*loc. cit.*, p. 82).

« Lorsqu'on mélange une petite quantité d'un sel d'aniline sur de la porcelaine avec quelques gouttes d'acide sulfurique concentré, puis avec une goutte d'une solution de chromate de potasse, on voit apparaître au bout de quelques minutes une belle couleur bleue qui disparaît bientôt après (*loc. cit.*, p. 86).

« Les combinaisons de l'aniline avec les acides sont généralement incolores ; toutefois elles rougissent à l'air, surtout quand elles sont humides, et prennent alors une légère odeur (*loc. cit.*, p. 85). »

Tel était en 1856 l'état de nos connaissances touchant le développement des couleurs au moyen de l'aniline, et il n'est pas inutile de faire remarquer qu'en signalant comme on l'a fait l'instabilité des couleurs produites, on écartait naturellement toute idée de les appliquer.

Fort heureusement pour l'industrie, M. Perkin, reprenant l'étude des phénomènes de coloration produits par l'aniline, réussit à isoler la matière violette sur une certaine échelle, et put ainsi se livrer à l'examen de ses propriétés tinctoriales. Son travail fut couronné d'un plein succès, et donna lieu en Angleterre, le 26 août 1856, à la demande d'une patente scellée le 2 février 1857.

Dans ce brevet, Perkin ne fait que mettre à profit les données expérimentales acquises à la science ; pour former la couleur il suffit d'oxyder l'aniline, et pour obtenir cette oxydation, il a recours au bichromate de potasse, l'un des agents oxydants les plus énergiques. Voici comment on opère :

On prend une solution froide de sulfate d'aniline, ou de toluidine, ou de xylidine, ou de cumidine, ou un mélange de ces solutions et une quantité suffisante d'une solution froide d'un bichromate soluble contenant assez de base pour convertir l'acide sulfurique contenu dans les solutions ci-dessus mentionnées en un sulfate neutre. On mélange ces solutions et on les laisse reposer pendant dix ou douze heures. Ce mélange consistera alors en une poudre noire et une solution d'un sulfate neutre.

On verse le tout sur un filtre, on lave le dépôt à l'eau jusqu'à ce qu'il soit débarrassé du sulfate neutre, et l'on sèche la substance ainsi obtenue à la température de 100 degrés centigrades ; on la traite plusieurs fois avec du naphte provenant du goudron de houille, jusqu'à ce qu'elle soit débarrassée d'une résine soluble dans le naphte : mais toute autre substance que le naphte du goudron de houille dans laquelle la substance brune serait soluble et la matière colorante insoluble pourrait être employée.

On débarrasse le résidu du naphte par l'évaporation et on le fait digérer avec de l'esprit de bois, ou mieux dans de l'alcool ou tout autre liquide dans lequel la matière colorante est soluble. La matière colorante se trouve alors en solution; on sépare l'alcool de la matière colorante par la distillation à la température convenable. C'est encore par l'acide sulfurique et le bichromate que MM. Renard frères et Franc, à Lyon, préparent le violet d'aniline, qu'ils livrent au commerce sous le nom d'*indisine*.

25 kilog. d'aniline sont transformés en sulfate par 13 kilog. d'acide sulfurique étendu à 5 degrés, c'est-à-dire par 650 kilog. d'eau ; le sulfate d'aniline est traité par 25 kilog. de bichromate de potasse ; au bout de 48 heures, on décante pour enlever une poudre noire qu'on fait sécher et qui pèse 32 kilog.; ces 32 kilog. sont traités par 495 litres d'alcool, qu'on étend de 210 litres d'eau ; on filtre et on distille ; on trouve sur le filtre un résidu pesant 10 kilog. 250 ; après le départ de l'alcool, 120 kilog. de dissolution aqueuse représentent le produit utile.

4 kilog. 800 de cette dissolution qui représente 1 kilog. d'aniline, traités par 450 grammes de carbonate de soude, précipitent 34 grammes de matière colorante sèche; on voit donc, d'après cette expérience, que le kilogramme d'aniline fournit 4,800 grammes d'indisine à l'état de carmin, 34 grammes de matière colorante pure et 410 grammes de matière résineuse noire insoluble dans l'eau, l'alcool et les éthers.

Depuis les travaux de Perkin, on a eu recours dans

TEINTURE.

l'industrie à d'autres moyens plus économiques pour préparer l'indisine. Si, comme on l'a vu, l'opération se réduit à oxyder l'aniline, on comprend que tout naturellement on ait été conduit à remplacer l'acide chromique, qui est d'un prix assez élevé, par le chlore sous l'influence de l'eau, par l'acide chloreux, par les hypochlorites, etc.

Enfin, comme dans toutes ces circonstances, on produit toujours simultanément une couleur et une résine; on s'explique l'emploi de diverses méthodes de séparation appliquées jusqu'ici et qui se réduisent les unes à enlever la matière colorante et à laisser la résine pour résidu, et les autres, au contraire, à dissoudre la résine et à laisser l'indisine comme résidu non soluble.

Indisine. — Nous nommerons ainsi la matière colorante violette qui dérive de l'aniline sous l'influence des agents oxydants; nous abandonnerons les noms d'harmaline et d'anilèine, en préférant le premier qui rappelle davantage la grande analogie que cette matière colorante présente avec l'indigo. On a voulu confondre à la fois la fuchsine et l'indisine en soutenant que, formées toutes les deux en vertu d'une même et unique cause, on développait à volonté l'une ou l'autre par le même procédé; nous avons vu qu'il n'en est rien et que les deux méthodes sont essentiellement différentes; il n'y a de commun que l'intervention d'un seul corps, l'aniline; d'ailleurs, les caractères de ces deux corps sont tellement tranchés, qu'il n'y a pas lieu de les prendre l'un pour l'autre.

En effet, la fuchsine se dissout dans l'ammoniaque, et l'indisine y est insoluble; la fuchsine se dissout dans l'acide sulfurique qu'elle colore en jaune; l'indisine se dissout également dans cet acide, mais pour le colorer en bleu; la fuchsine est décolorée par l'acide sulfureux; l'indisine résiste à l'action de cet agent réducteur; enfin, l'indisine étant le résultat de l'oxydation de l'aniline, qui est aussi un des dérivés de l'indigo, elle conserve avec ce dernier corps des analogies qui sont telles, qu'oubliant pour un instant que l'indisine est une couleur violette, on pourrait la prendre pour l'indigo, en réalisant sur elle tous les phénomènes de réduction et d'oxydation qu'on obtient si facilement avec l'indigo dans les nombreuses circonstances où l'on fixe industriellement cette matière tinctoriale sur les tissus de laine et de coton.

On admet bien que l'indisine dérive directement de l'aniline; mais quand on considère qu'un kilogramme d'aniline fournit moins de 40 gram. de couleur pure, on est tenté de se demander si la coloration n'est pas au contraire un produit accidentel. Il y a nécessité dans l'état actuel de nos connaissances de bien définir la véritable nature de l'aniline, telle que le commerce la prépare. Je crois à la présence d'au moins quatre substances différentes huileuses, basiques, mais formant des sels cristallisant dans des systèmes différents et de solubilités fort éloignées les unes des autres. A laquelle de ces substances faut-il attribuer la formation de la fuchsine et celle de l'indisine?

Nous avons vu qu'on n'est pas entièrement d'accord ur la génération de l'acide fuchsique; la même incertitude règne sur la composition de l'indisine. D'après M. Wilm, elle serait représentée par la formule

$$C^{36}\,H^{17}\,Az^{3}\,O^{2},$$

et l'équation

$$3\,(C^{12}\,H^{7}\,Az) + O^{6} = C^{36}\,H^{17}\,Az^{3}\,O^{2} + 4\,(HO)$$

rendrait compte de sa génération.

D'après M. Scheurer, elle devrait être représentée par la formule

$$C^{30}\,H^{14}\,Az^{2}\,O^{2},$$

et l'équation

$$5\,(C^{12}\,H^{7}\,Az) + O^{8} = 2\,(C^{30}\,H^{14}\,Az^{2}\,O^{2}) + Az\,H^{3} + 4\,(HO)$$

rendrait compte de la réaction. Toutefois on ne retrouve pas d'ammoniaque parmi les produits formés.

Quoi qu'il en soit, voici les différentes méthodes au moyen desquelles on prépare l'indisine et les variétés que l'industrie prépare actuellement.

D'après MM. Beale et Kirkham, on mélange un volume d'une dissolution aqueuse saturée d'aniline avec un volume d'acide acétique marquant 5 degrés à l'aréomètre; à cette dissolution acide on ajoute graduellement un volume de chlorure de chaux faible; on arrête l'addition du chlorure de chaux quand la liqueur a pris une belle nuance d'un bleu violet.

On peut remplacer le chlorure de chaux par un dégagement de chlore qu'on fait passer à travers la solution d'acétate d'aniline.

Pour obtenir des dissolutions plus concentrées, on se sert d'hydrochlorate d'aniline marquant 1° ½ Baumé, auquel on ajoute un volume d'acide acétique à 5° et le même volume de chlorure de chaux marquant également 5 degrés.

Dans tous les cas, le liquide se colore d'abord en bleu violacé, puis en lilas. Il teint en ces mêmes nuances.

On peut encore se servir, comme agent oxydant réagissant sur les sels d'aniline étendus d'eau, de peroxyde de manganèse, de peroxyde de plomb ou de permanganate de potasse. D'après Kay, si l'on combine 50 parties d'aniline, 40 parties d'acide sulfurique d'une densité de 1,85 étendu de 1,400 parties d'eau, il suffit d'ajouter à la dissolution de sulfate d'aniline 200 parties de peroxyde de manganèse; on chauffe le tout à 100 degrés en agitant tant qu'il se forme un précipité. Le produit liquide qui renferme la matière colorante en dissolution est séparé par filtration du précipité. Ce dernier est débarrassé de toute la matière colorante qu'il peut contenir par l'acide sulfurique étendu; on filtre et on réunit les deux dissolutions limpides; on y verse de l'ammoniaque qui précipite la matière colorante. Le précipité recueilli, lavé et desséché, est traité par l'alcool ou l'esprit de bois qui dissolvent la matière colorante.

D'après Price, l'oxydation peut être obtenue par l'emploi du peroxyde de plomb résultant de l'action du chlorure de chaux sur l'acétate de plomb, lavé et conservé à l'état humide. La réaction se fait à la température de l'ébullition; suivant les proportions employées, on obtient des couleurs différentes, que l'auteur a nommées *violine d'aniline*, *purpurine d'aniline* et *roséine d'aniline*.

Violine d'aniline. — On dissout 4 parties d'aniline, 4 parties d'acide sulfurique, 80 parties d'eau et 5 parties de peroxyde de plomb qu'on ajoute dans le liquide porté à 100 degrés. On filtre la liqueur bouillante; elle renferme, outre la matière colorante, du sulfate d'aniline non décomposé; en ajoutant un petit excès de soude, on isole l'aniline qu'on sépare par distillation. Le résidu est lavé à l'eau froide, puis dissout à chaud par une liqueur contenant de l'acide tartrique, on filtre et on concentre pour réduire. Pendant la concentration il se dépose encore des matières résineuses.

Purpurine d'aniline. — Si l'on prend 8 parties d'aniline, 4 d'acide sulfurique, 80 d'eau et 5 de suroxyde de plomb, on obtient une couleur plus pourprée; les eaux mères sont traitées comme nous l'avons dit au sujet de la violine.

Roséine d'aniline. — Lorsqu'on prend 4 parties d'aniline, 2 d'acide sulfurique, 80 d'eau, et 10 de peroxyde de plomb, on obtient une liqueur plus rosée que la précédente.

D'après M. William, lorsqu'on décompose le sulfate d'aniline impur par de l'hypermanganate de potasse, il se fait un précipité qui contient des matières colo-

rentes bleues, violettes ou pourpres, exemptes des matières impures brunes auxquelles le bichromate de potasse donne naissance. La couleur précipitée, lavée et desséchée, est traitée par l'huile légère de houille qui enlève quelques impuretés, puis traitée par de l'alcool pour dissoudre la matière colorante.

Dans cette réaction, il se forme, outre l'indisine, une seconde matière qui reste en dissolution et qui teint la fibre textile, surtout la soie, en rouge cramoisi, ou rouge écarlate.

L'aniléine, l'indisine et l'harmaline se rencontrent dans le commerce sous forme liquide en dissolution dans l'alcool ou l'esprit de bois; c'est un liquide violet, assez clair pour qu'on doive le gommer sans addition pour l'employer à l'impression; il présente quelquefois des gouttelettes qui se résolvent par la chaleur en une liqueur homogène.

Le violet d'aniline s'unit aux tissus sans mordant; mais si l'on veut obtenir sur coton toute l'intensité possible, il faut, ainsi qu'il convient pour les matières colorantes qui teignent les tissus du règne animal plus facilement que les fibres végétales, recourir à l'emploi des mordants organiques recommandés pour la première fois par Haussmann, et dont l'usage a été généralisé par M. Broquette.

Pour l'indisine, il suffit d'une préparation du coton avec une eau d'albumine à 50 gr. par litre; les cotons huilés pour rouge turc donnent toutefois des nuances plus solides que ceux qui sont albuminés.

Nous terminerons cette note par une observation de M. Berthelot, qui croit qu'on ne peut affirmer la présence de l'aniline dans les produits de certaines réactions d'après la coloration qu'on obtient par le concours du chlorure de chaux; il cite, entre autres faits, qu'il a constaté la même coloration en traitant l'acide phénique par l'ammoniaque, puis, par le chlorure de chaux; le point capital pour le teinturier serait la production d'une coloration aussi vive que celle que donne le violet d'aniline par tout autre moyen conduisant à moins de dépenses.

19. Orseille de terre (*lécanorine*, *orcine*, *orcéine*).

L'orseille est assurément, parmi les matières colorantes employées en teinture, l'une de celles qui fixe le plus l'attention. Les travaux dont cette matière est devenue l'objet, les intéressants résultats qu'ont mis en évidence les recherches de Robiquet en ont fait une sorte de type auquel on a rapporté plus tard la formation des principaux principes colorables, desquels on a fait dériver des substances colorantes, seules utiles dans les arts de la teinture. Quant à l'origine de l'orseille, quant à l'histoire des variétés diverses que le commerce présente au choix du consommateur, quant encore aux procédés généraux au moyen desquels on prépare ces différents produits, nous n'aurions rien à dire au delà de ce que M. Mallet a cru devoir citer dans son article ORSEILLE; nous nous bornerons à nommer les trois principales matières auxquelles on emprunte l'orseille du commerce. Nous avons déjà cité l'orseille de terre, ou *variolaria dealbata*, qui croît sur les rochers sauvages de l'Auvergne ou des Pyrénées.

20. Orseille des iles (*orcéine*).

L'orseille la plus estimée provient du *lichen rocella* qu'on rencontre principalement aux Canaries et aux îles du cap Vert. Le commerce s'en faisait par Lisbonne; les variétés découvertes en abondance dans le royaume de la Guyane ont amené sur le prix de vente des lichens du cap Vert une diminution de près de 60 p. 100.

21. Orseille des murailles (*orcéine*).

Le *lichen tartareus* sert ordinairement à préparer la matière qu'on nomme *persio* ou *cudbear*. Comme la transformation de ces végétaux en orseille est la même, nous ne nous arrêterons pas plus longtemps sur ce sujet. Nous insisterons seulement sur la partie théorique de cette fabrication en exposant les caractères spéciaux de la matière colorable et ceux du principe coloré qui constitue la majeure partie de la substance tinctoriale à l'état d'orseille, de cudbear ou de persio. Nous reprendrons la fabrication à l'année 1855 et nous mettrons en parallèle divers procédés connus aujourd'hui pour communiquer à la couleur de l'orseille une certaine solidité.

La matière colorante n'existe pas toute formée dans le lichen, mais elle se produit par suite de la transformation très-remarquable que subit la *lécanorine*, matière très-intéressante contenue dans le lichen, susceptible de produire avec le concours de l'eau sous l'influence des alcalis et des bases alcalino-terreuses de l'acide carbonique et une substance particulière, incolore, non azotée que Robiquet a su préparer à l'état de liberté, c'est l'*orcine* qu'il a fait connaître par ses propriétés et sa composition.

Il résulte de nombreuses expériences que nous avons faites, MM. Fremy, Cahours et moi, nommés experts dans le procès de contrefaçon Frezon contre Pommier, que le lichen peut être considéré comme formé par le mélange de trois parties distinctes, savoir :

1° Une partie insoluble, non susceptible de se colorer, constituant la majeure partie de la plante et formée de matières herbacées, ligneuses ou terreuses, indécomposables par l'eau froide ou par l'eau chaude;

2° Une partie soluble formée de substances salines ou gommeuses; cette seconde partie est comme la première non colorable;

3° Enfin une partie blanche qui joue le plus grand rôle dans la fabrication de l'orseille, que nous avons étudiée d'une manière attentive; cette substance n'est pas soluble dans l'eau froide; elle se détache en grande partie quand on frotte le lichen au sein de ce liquide; la macération humide la met à l'état de liberté; elle reste en suspension dans l'eau. L'eau chaude la modifie d'une manière rapide en facilitant sa transformation sous l'influence simultanée de l'eau, de l'ammoniaque et de l'air. Mise en suspension dans l'eau, elle ne se dépose qu'avec une excessive lenteur, elle reste sur les filtres de papier auxquels elle s'attache fortement, mais elle traverse les filtres de laine peu feutrée. Elle est très-soluble dans l'ammoniaque. C'est la matière utile des lichens dans la fabrication de l'orseille; c'est elle qui, s'altérant sous l'influence simultanée de l'air humide et de l'ammoniaque, donne naissance à l'orcine colorable, et conséquemment aux autres composés colorés qui peuvent en dériver.

Orcine. — Pour préparer l'orcine à l'état de pureté, on emploie, d'après Robiquet, le procédé suivant : on épuise le lichen par l'alcool bouillant, le liquide laisse déposer par refroidissement des flocons blancs cristallins, d'une matière résineuse, la dissolution est évaporée jusqu'à consistance d'extrait. On broie cet extrait avec de l'eau froide qu'on renouvelle jusqu'à ce qu'elle n'ait plus de saveur. Les solutions aqueuses, réduites par l'évaporation à consistance sirupeuse et abandonnées à elles-mêmes dans un lieu frais, laissent déposer au bout de quelques jours de longues aiguilles d'orcine; on comprime ces dernières dans du papier joseph pour les ressuyer; on les décolore par le noir animal, puis on les fait cristalliser de nouveau. L'orcine forme alors de longs prismes opaques d'un blanc jaunâtre. Ils sont hydratés.

L'orcine est soluble dans l'alcool et dans l'eau; sa dissolution possède une saveur sucrée très-prononcée: elle est fusible; sous l'influence de la chaleur, elle perd d'abord de l'eau pour se transformer en orcine anhydre.

Cette dernière entre en ébullition à 290 degrés, puis elle distille sous forme de sirop, sans laisser de résidu. Aucun sel métallique ne la précipite, à l'exception du sous-acétate de plomb; ce sel fournit un précipité lourd, caséeux. Au contact de l'air et des alcalis, la solution aqueuse d'orcine brunit fortement. Au contact de l'ammoniaque, elle forme un produit coloré d'une nuance violette des plus riches; c'est l'orcéine, matière colorée des orseilles.

Orcéine. — Il faut, pour la formation de l'orcéine, le concours simultané de l'air humide et de l'ammoniaque; l'ammoniaque seule est absorbée par l'orcine, sans modification, puisque, par simple évaporation de l'alcali volatil, l'orcine reparaît avec ses propriétés primitives, l'eau se borne à la dissoudre. L'oxygène sec est sans action sur elle. Il n'en est plus de même sous l'influence simultanée de ces trois agents. Il se forme d'abord de l'orcéine, puis de l'*orcéinate d'ammoniaque.*

Pour exécuter cette transformation, on met l'orcine en poudre dans une soucoupe à fond plat, qu'on place sur un verre à pied contenant de l'ammoniaque liquide, puis on recouvre le tout d'une cloche. Dans l'espace de 24 heures l'orcine prend une couleur brun foncé, elle finit par devenir violacée; elle se dissout alors dans l'eau, qu'elle colore en un magnifique violet.

L'orcéine se dissout dans l'ammoniaque à laquelle elle communique une couleur pensée très-riche, et dans les alcalis fixes avec une couleur rouge violacée. L'addition d'un acide sépare l'orcéine de ces dissolutions. Par distillation sèche, elle répand une odeur ammoniacale; ce qui prouve qu'elle est azotée. Les sels de plomb et d'argent déterminent dans la dissolution d'orcéinate d'ammoniaque des précipités d'un rouge noirâtre foncé. Le sulfhydrate d'ammoniaque fait disparaître la couleur rouge de la dissolution ammoniacale. La couleur rouge reparaît au contact de l'air.

Les relations qui lient les compositions par lesquelles on représente la lécanorine, l'orcine et l'orcéine, sont des plus simples. Si l'on admet la formule

$$C^{18}\,H^{8}\,O^{8}$$

pour représenter la composition de la lécanorine, l'équation

$$3\,(HO),\ +\ C^{18}\,H^{8}\,O^{8} = C^{16}\,H^{8}\,O^{4},\ 3\,(HO) + 2\,(CO^{2})$$

rend parfaitement compte de sa transformation en orcine, et l'équation

$$C^{16}H^{8}O^{4},3(HO)+O^{5}5+AzH^{3}=C^{16}H^{9}AzO^{7}+5(HO)$$

explique la formation de l'orcéine dans laquelle les trois équivalents d'eau de l'orcine sont entrés à titre nouveau par un nouvel arrangement moléculaire.

Mais, si simples que soient ces calculs, il est vraisemblable que les orseilles du commerce doivent leurs propriétés à des principes plus variés qui jouissent à des degrés différents de la propriété de se décolorer à l'air; nous allons le voir en cherchant à faire connaître les conditions dans lesquelles on a préparé les orseilles solides.

On a proposé, comme on l'a vu dans le t. II de ce Dictionnaire à l'article ORSEILLE, pour faire l'orseille un moyen très-simple, l'épuisement par l'eau chaude et le traitement des dissolutions par l'ammoniaque comme dans les anciennes méthodes. Ce procédé, breveté le 31 octobre 1848 en faveur de M. Ch. Pommier, est décrit de la manière suivante dans la description du brevet et dans un certificat d'addition du 5 novembre 1848.

« Ma méthode consiste à prendre à l'état brut un lichen tinctorial quelconque, même l'orseille de terre de diverses provenances, l'épuiser au moyen de l'eau bouillante par des lavages successifs, et traiter simplement ces eaux de lavage par les moyens connus de la fabrication d'orseille, c'est-à-dire par les alcalis, l'urine, la chaux, et, dans certains cas, par des additions d'acides et de sels différents.

« Dans certains cas, je me réserve le droit d'épuiser, soit à chaud, soit à froid, les matières tinctoriales désignées dans mon brevet, soit avec de l'urine, de l'eau alcaline ou saturée de chaux.

« Après l'épuisement des lichens ou des orseilles de terre par l'eau bouillante, l'urine ou l'eau alcaline saturée de chaux, je me réserve aussi le droit de filtrer ces liquides ou de les laisser déposer pour les décanter ensuite, afin de les débarrasser d'une matière étrangère à celle colorante et les mettre après cette opération en fabrication, comme je l'ai décrit dans mon brevet.

« Je me réserve aussi le droit d'extraire la matière colorante des lichens ou des orseilles de terre désignés dans mon brevet, par la distillation, et la mettre ensuite en fabrication, après l'avoir débarrassée des matières étrangères principalement résineuses. »

Le tribunal de la Seine, ne voyant dans ce procédé qu'une séparation préalable, a jugé que ce brevet de M. Ch. Pommier n'était qu'une contrefaçon de celui de Frezon dont nous croyons devoir exactement donner la description; il est fâcheux qu'à cette époque les intéressants travaux de M. Stenhouse n'aient pas été plus connus en France; le tribunal eût conclu tout autrement.

M. Frezon agit sur la matière blanche détachée de la fibre ligneuse par frottement et macération; il la maintient en suspension dans l'eau froide et se débarrasse du ligneux par une filtration grossière qui joue le rôle d'un véritable tamisage. L'eau qui retient en suspension la matière blanche, c'est-à-dire la matière utile, est soumise à l'influence d'un sel d'étain qui produit une espèce d'encollage, et rassemble sous forme d'un précipité cette matière blanche qui, plus tard, se change en matière colorable par l'action de l'eau, de l'air et de l'ammoniaque. Nous le laisserons parler.

Pour obtenir ce qu'il nomme *orseille pure et universelle, pure*, parce qu'elle ne contient aucun des corps inutiles et nuisibles que renferment les orseilles du commerce, *universelle*, parce qu'elle s'emploie telle qu'on la livre au consommateur, soit pour la teinture, soit pour l'impression et dans tous les genres, il dit :

« Pour fabriquer mon orseille pure, je me sers indistinctement de toutes espèces de lichens et de variolaires; le travail étant le même pour toutes ces plantes, je ne parlerai que des lichens.

« Après avoir enlevé aux lichens les corps nuisibles à la fabrication, je les soumets à un lavage d'eau simple que j'exécute comme suit :

« Pour faire le lavage des lichens je me sers de trois barques en bois, nos 1, 2 et 3, je les remplis d'eau jusqu'à hauteur convenable pour pouvoir y mettre les lichens que je veux laver et pouvoir les brasser.

« En supposant que les barques dont je veux me servir soient assez grandes pour contenir chacune 33 kil. de lichens, je dispose d'une partie de lichens du poids de 100 kil. que je divise en trois parties égales. J'en prends une première portion que je mets dans la barque n° 1, et je la brasse à peu près pendant 20 minutes soit avec une fourche ou un bâton, puis je la retire dans un panier que je place sur l'un des bouts de la barque pour que l'eau qui s'en égoutte tombe dedans; de là je la mets dans la barque n° 2, dans laquelle je la brasse aussi longtemps, et je prends les mêmes précautions pour la retirer; ensuite je la transporte dans la barque n° 3, et après avoir été brassée comme dans les précédentes barques je la lève dans le panier, et quand elle est assez égouttée je la mets dans une grande cuve en bois blanc; je fais suivre aux deux autres portions de la même partie la même marche que j'ai suivie pour la première, et je réunis tous

les lichens des trois portions dans la grande cuve en bois blanc

« Avant de commencer le lavage d'une autre partie de lichen que je divise également en trois portions, je vide, par le secours d'une pompe ordinaire, l'eau de la barque n° 1 dans une cuve-filtre placée assez élevée pour pouvoir placer au-dessous une cuve de dimension plus grande que la cuve-filtre ; la cuve-filtre est tout simplement un tonneau dans lequel je pose à 15 centimètres du fond un cercle auquel est attaché un tissu de laine un peu feutré, et en dehors, à la partie inférieure de la cuve, se trouve un robinet qui donne passage au liquide filtré et qui tombe dans la cuve qui est au-dessous.

« La barque n° 1 étant vide, je la remplis d'une nouvelle eau et je change les numéros des barques ; je place le n° 1 sur le n° 2 ancien, le n° 2 sur le n° 3 ancien, et le n° 3 sur la barque n° 1 qui est vide ; après ce changement fait, j'exécute le lavage de cette seconde partie divisée en trois portions, comme j'ai fait pour la partie précédente, en commençant dans la barque n° 1 et finissant dans la barque n° 3.

« Les lichens, après être ainsi lavés, sont broyés par l'action d'un moulin garni de meules en pierre ; ce moulin ressemble à ceux qui sont employés pour moudre le blé, seulement la trémie, au lieu d'être carrée, se trouve être ronde et conique, et, au centre, se trouve un arbre placé verticalement ; à la partie supérieure, il y a un pignon d'angle ou une poulie par laquelle il reçoit un mouvement rotatif ; cet arbre porte, sur toute la longueur intérieure de la trémie, des bras dont les longueurs suivent la forme conique de la trémie ; au-dessus de cette trémie se trouve un conduit en plomb, et à son extrémité un robinet pour régler la dépense d'eau que m'amène ce conduit, afin de conserver les lichens qui sont, dans la trémie, dans un état voisin de pâte liquide.

« En dehors du moulin, à la hauteur de la partie supérieure de la meule du dessous (celle qui est immobile), se trouve un robinet par lequel s'écoulent les lichens broyés, qui tombent de là dans une cuve placée au-dessous.

« De ces lichens qui ont été broyés par ce moulin j'extrais la matière qui doit faire la base de mon orseille. Pour obtenir cet extrait, j'emploie les moyens connus pour extraire les corps solubles par des lavages répétés à l'eau simple et à froid. Je réunis ces eaux de lavage en une seule liqueur que je filtre avec la cuve à filtrer, qui est faite comme celle qui m'a servi pour filtrer les eaux de lavage des lichens avant d'être broyés ; ce filtrage n'a d'autres effets ici que de débarrasser la liqueur de quelques fragments provenant du tissu organique des lichens.

« Cette liqueur ainsi obtenue contient, en outre de la matière qui me sert à fabriquer l'orseille pure, plusieurs corps dont il faut la séparer.

« Pour séparer la matière qui doit servir à la fabrication de l'orseille pure des autres corps étrangers et nuisibles contenus dans cette liqueur, j'y parviens en employant les sels qui ont la propriété de précipiter.

« Après avoir mis la liqueur filtrée dans une cuve à décanter, munie à son intérieur de plusieurs robinets placés les uns au-dessus des autres, de manière à pouvoir laisser écouler les eaux surnageantes au-dessus du précipité, je verse un peu de deutochlorure d'étain liquide et j'ai soin de bien remuer le tout ; après quelques heures de repos, il se forme un précipité ; j'ouvre les robinets les uns après les autres, en commençant par celui placé le plus haut, et je finis par celui le plus rapproché de la partie supérieure du précipité qui est d'une couleur blanche un peu verdâtre ; l'eau surnageante est d'un blond foncé, mais bien vif ; je suppose que cette eau contient tous les corps résineux, gras et gommeux ; le précipité est mis sur un filtre plat (semblable à ceux employés dans la fabrication de l'indigo) pour y être lavé avec de l'eau simple et froide ; on répète ce lavage jusqu'à ce que l'eau qui s'en écoule ne soit plus acidulée, et je laisse le précipité sur le filtre pour laisser égoutter jusqu'à ce que la pâte se fendille.

« Cette pâte, arrivée à cet état, forme la matière qui me sert à fabriquer mon orseille pure, et à laquelle il ne manque plus qu'à faire développer cette belle couleur connue de l'orseille par l'action simultanée de l'air et de l'ammoniaque.

« J'observerai ici que je ne peux, dans cette description, indiquer la quantité qu'il faut de deutochlorure d'étain liquide pour précipiter la matière qui constitue mon orseille pure, cela dépendra de la force et de la quantité du liquide sur lequel on opère ; également je n'entends pas m'attacher à n'employer comme précipitant que le deutochlorure d'étain liquide ; on peut se servir de tous les agents qui ont la propriété de précipiter les extraits aqueux provenant des lichens (nous avons observé que l'acide chlorhydrique possède cette propriété).

« Pour transformer cette pâte en la matière que j'appelle *orseille pure*, je la mets dans une barque en bois pareille à celle employée dans la fabrication d'orseille ordinaire ; je l'arrose avec de l'alcali volatil et je la brasse très-souvent dans les premiers jours ; après quinze jours de travail, elle commence à paraître d'une bonne nuance, mais elle n'est vraiment bonne qu'après un mois de fabrication dans la barque.

« La nuance violetée ou rougeâtre peut se produire par l'action des mêmes sels employés dans la fabrication ordinaire.

« J'obtiens par ces procédés mon orseille *pure et universelle* ; alors elle est en pâte un peu liquide. Il suffit de la faire sécher dans une étuve et de la pulvériser pour la mettre en poudre sèche (ou dans un état très-voisin).

« Les eaux provenant des lavages des lichens avant d'être broyés suivent les mêmes opérations que la liqueur obtenue des lichens qui ont été broyés, mais il faut les fabriquer séparément et en faire une seconde qualité. »

M. Dumas avait appelé l'attention des industriels sur différents points de la fabrication de l'orseille. On lit, en effet, dans son *Traité de chimie*, t. VIII : « Les détails de la fabrication de l'orseille, ayant toujours été tenus secrets, ne sont qu'imparfaitement connus. On doit le regretter, aujourd'hui surtout que les différentes matières tinctoriales qui se forment dans cette opération ont été soumises à une étude attentive ; il est probable que les lumières de la science permettront de produire dans un temps plus ou moins long une matière plus abondante, plus pure et plus solide. »

Il y a dix ans à peine que ces lignes étaient écrites, et toutes ces conditions ont été réalisées à la gloire de l'industrie ; elles ont été pratiquées sans le concours de la science, au moins de la science pure. Les travaux de M. Stenhouse ont fait connaître la méthode rationnelle de la séparation préalable. Les procédés de M. Pommier donnent une liqueur *abondante*, très-riche. La méthode de M. Frezon conduit à des produits plus *purs*. Enfin personne ne peut dénier à la maison Guinon, Marnas et Bonnet de Lyon, l'honneur d'avoir extrait, pour la première fois, de l'orseille une couleur d'une certaine solidité. Le commerce fournit aujourd'hui diverses matières qui possèdent une résistance beaucoup plus grande que celle que l'orseille présente ordinairement. Nous pouvons citer, en les désignant sous les noms qu'ils ont dans l'industrie, l'orcéine violette de M. Meissonnier, l'orseille solide de M. Hé-

TEINTURE.

laine, chimiste à Lyon, qui fournit au prix de 10 fr. le kilogramme trois couleurs *également résistantes* et qui ont déjà pris rang dans les ateliers, et la pourpre française découverte par MM. Guinon, Marnas et Bonnet, teinturiers à Lyon. De graves questions de priorité sont encore pendantes, nous n'avons pas à les résoudre ici. Mais nous croyons qu'au nom de l'équité, en laissant à M. Stenhouse le mérite de la séparation préalable, l'idée d'avoir obtenu la matière solide en observant la température à laquelle elle se forme appartient seule à MM. Guinon, Marnas et Bonnet. Les travaux de M. Stenhouse ont doté le domaine public de la séparation préalable. MM. Guinon, Marnas et Bonnet nous semblent valablement brevetés.

Nous allons décrire maintenant les méthodes au moyen desquelles on a transformé l'orseille du commerce en un produit plus stable.

22. Pourpre française (*méta-orcéinate de chaux*).

MM. Guinon, Marnas et Bonnet, de Lyon, ont découvert que l'orseille préparée sous l'influence d'une certaine température contenait un principe nouveau, auquel ils ont donné le nom de *pourpre française*. Il y a environ trois ans que ces teinturiers ont introduit dans l'industrie cette nouvelle matière colorante violette, qui joint à un éclat magnifique les avantages d'une solidité relative, et qui a pris immédiatement son rang parmi les matières tinctoriales de premier ordre. Nous ferons suivre cet énoncé des réflexions fort judicieuses que M. J. Persoz a fait insérer dans le *Répertoire de chimie industrielle*, t. I, par 190.

« Si l'on n'examinait sa préparation que d'une manière superficielle, on dirait que cette matière n'est autre que de l'orseille ordinaire, puisqu'elle se forme par l'action mutuelle des mêmes éléments, les lichens, l'ammoniaque et l'air, et qu'il n'y a de différence pour la préparation que dans les conditions successives de température où l'on fait réagir ces éléments, suivant les diverses phases de la métamorphose que subissent les acides colorables des lichens; or ce sont ces conditions qu'il a fallu déterminer d'une manière précise, puisque d'elles seules dépendait le succès de la fabrication de la nouvelle matière, et l'on conçoit facilement que MM. Guinon et Marnas n'y soient arrivés qu'après de nombreux tâtonnements.

« Si faibles que soient les modifications apportées par ces habiles teinturiers au procédé ordinaire de fabrication de l'orseille, elles ont suffi cependant pour changer complétement la nature du produit, tant dans ses caractères physiques que dans ses propriétés chimiques. Ainsi, tandis que l'orseille ordinaire tire à une couleur vineuse sale, sous l'action des acides acétique et tartrique, la matière de MM. Guinon leur résiste parfaitement, ainsi qu'on peut s'en assurer sur les échantillons des teintures qu'ils livrent au commerce. »

Voici, d'après MM. Marnas et Guinon, la marche qu'il faut suivre pour préparer la pourpre française.

« On traite à froid les lichens par une solution ammoniacale ou alcalisée par le carbonate de soude, de manière à dissoudre les acides colorables qu'ils renferment.

« Après quelques minutes de contact, on jette le mélange sur une chausse, et on exprime les lichens, de manière à enlever le plus complétement possible la liqueur adhérente, puis on précipite par l'acide chlorhydrique. Le précipité, étant filtré, lavé et égoutté, est redissous dans l'ammoniaque, et on expose à froid la solution au contact de l'air. »

M. Jules Persoz ajoute :

« Jusqu'ici le procédé de M. Guinon est semblable à celui que les chimistes ont toujours suivi dans la préparation des acides colorables des lichens; mais, au lieu d'abandonner la liqueur à elle-même, jusqu'à ce que la matière colorante de l'orseille soit complétement formée, M. Guinon observe le moment où cette liqueur prend la teinte rouge cerise. Quand elle est arrivée à ce degré, il la porte à l'ébullition et l'y maintient pendant quelque temps. Il l'introduit ensuite, en couches de 5 à 6 centimètres de hauteur, dans des vases à fond plat, de 2 à 3 litres de capacité, qui sont chauffés dans une étuve à une température constante de 70 à 75 degrés. L'opération est terminée lorsque la liqueur a pris une teinte pourpre, et qu'étendue sur du papier blanc, elle ne change plus de nuance, même en desséchant.

« On peut précipiter par l'acide sulfurique ou l'acide tartrique la matière colorante ainsi formée, c'est la pourpre française; mais il est mieux de la précipiter à l'état de laque, pour éviter la présence d'un acide rouge qui change sa nuance. »

On la précipite de préférence à l'état de laque calcaire par le chlorure de calcium; la matière violette est ainsi précipitée; il est vrai qu'elle ne l'est pas en totalité, mais au moins elle est seule. On peut aussi faire usage d'alun, qui forme une laque d'alumine avec la solution ammoniacale de pourpre française.

Orcéine solide.—M. Meissonnier a désigné sous ce nom l'orseille solide, qu'il livre au commerce également sous forme de laque. C'est une matière qui se confond, par ses caractères physiques, avec la pourpre de M. Guinon, et qui dérive de l'orseille universelle de M. Frezon. On prépare, dans tous les cas, l'orseille après avoir opéré la séparation préalable conformément aux indications de M. Stenhouse; mais il me paraît indispensable, pour obtenir une matière colorante solide fixée par le chlorure de calcium dans la liqueur ammoniacale, que cet alcali réagisse à la température si bien déterminée par MM. Marnas et Guinon. Des essais dirigés dans cette voie m'ont prouvé qu'il n'existe de principe violet solide précipitable par les sels de chaux qu'en quantité minime, si la réaction de l'ammoniaque sur la dissolution du lichen ne s'est faite qu'à la température ordinaire. M. Meissonnier emprunte donc à la propriété de MM. Guinon, Marnas et Bonnet.

Orseille solide.—Pour préparer en grand cette variété d'orseille, on délaye, d'après M. Hélaine, dans une cuve ou tout autre vase convenable, de l'orseille commerciale avec 20 fois son poids d'eau distillée bouillante, et s'il existe dans l'atelier des conduits de vapeur, on se sert d'eau froide et on élève la température avec la vapeur en ayant soin que l'eau de condensation comprise, le liquide se trouve dans la proportion indiquée. On y verse ensuite un poids d'ammoniure d'étain égal à celui de l'orseille, délayé dans l'eau distillée, et on agite jusqu'à ce que la température se soit abaissée de 60 à 50 degrés. On filtre ou on décante. La pâte comprimée est traitée à nouveau par 10 fois son poids d'eau à 40 ou 50 degrés. La liqueur est réunie à la première.

Pour préparer l'ammoniure d'étain, on verse dans une dissolution d'oxymuriate d'étain du commerce un excès d'ammoniaque étendue, et après avoir fait égoutter la pâte on la dissout dans l'ammoniaque concentrée.

Quant aux eaux qui surnagent le premier dépôt, on y ajoute, pendant qu'elles sont encore chaudes, la moitié du poids de l'ammoniure d'étain qu'on a déjà versé dans la première décoction, et on y verse une dissolution de chlorure de baryum, de magnésium ou d'eau de baryte. On obtient de la sorte un second précipité qui peut servir directement ou à la teinture ou à l'impression.

Pour ne rien perdre, on additionne le liquide clair qui s'est séparé de la laque terreuse d'une certaine

TEINTURE.

quantité d'acide chlorhydrique, qui sépare des matières d'apparence grasse. La nouvelle liqueur est d'une belle teinte orangée; la soie et la laine s'y teignent en cette couleur dans le bain acide; exposée à l'action de l'air et de l'ammoniaque, elle passe également à l'orange, et donne également au bain acide, sur laine et sur soie, une couleur *saumon* ou *abricot*.

La pâte épuisée, comme il vient d'être dit, traitée par une eau acide à l'ébullition, donne une teinture *amarante*, pour la conserver, on y ajoute un peu d'acide, et par la dessiccation on l'obtient sous forme de *cudbeard*. Traitée par l'eau chargée d'acide chlorhydrique pour la soie, la crème de tartre pour la laine, elle fournit la couleur orseille solide, qui résiste aux avivages avec l'acide chlorhydrique de 1 à 4 degrés.

En avivant avec les acides acétique, tartrique, citrique, etc., et ajoutant du carmin d'indigo, de la cochenille ou du safranum, on obtient des teintes variées qui peuvent être d'un très-grand secours dans les ateliers. Nous ne devons pas perdre de vue que les recherches de M. Hélaine ont porté sur l'orseille du commerce et qu'elles ne peuvent engendrer le métaorcéinate d'ammoniaque; elles ont conduit à l'isolement de ce produit quand il existe, elles sont incapables de le développer quand il n'existe pas.

Les observations qui précèdent semblent prouver que l'orseille est un composé mixte qui n'a pas la simplicité qu'on serait tenté de lui attribuer d'après les travaux de Robiquet, et que des traitements successifs et convenablement choisis permettent d'en séparer des principes colorables ou colorés, différents comme nuances et aussi comme solidité ; ces derniers préexistent dans les lichens, ou résultent, soit d'une destruction plus ou moins avancée de l'orcéinate d'ammoniaque, soit d'une réaction incomplète de l'ammoniaque sur les principes colorables des lichens. On ne trouve rien dans la description de M. Hélaine qui définisse nettement les conditions dans lesquelles se forme l'orseille solide. On la retrouve si elle existe; mais si dans le traitement des lichens il ne s'en est pas formé, la méthode décrite est insuffisante pour la développer.

On ne peut faire le même reproche aux procédés de M. Guinon.

On vient de voir toute l'importance industrielle des recherches dont sont devenues l'objet les couleurs tirées de l'orseille; il serait très-intéressant d'étudier, au même point de vue, la préparation des couleurs altérables qu'on n'a produites jusqu'à présent qu'à des températures ordinaires. La valeur des résultats acquis est de nature à conduire à de prochains perfectionnements dans la fabrication d'un assez grand nombre de produits colorables.

23. Indigo *(indigo blanc, indigotéine)*.

Les réactions auxquelles donne lieu l'indigo bleu dans quelques circonstances parfaitement définies, pourront un jour fournir la clef de bien des phénomènes chimiques que présentent les matières colorées. Au nombre des principes les plus intéressants à coup sûr, on peut placer la fécule bleue fournie par les plantes du genre *indigofera*.

On rencontre dans le commerce, sous le nom d'indigo, le produit d'une préparation spéciale à laquelle on soumet les feuilles de certaines plantes. Les pains cubiques que la consommation reçoit sont un composé très-variable dans lequel l'indigo bleu domine; il entre au moins pour 50 pour 100 du poids de la matière brute.

Nous renvoyons à l'article INDIGO de ce Dictionnaire pour ce qui concerne l'histoire de ce produit, sa préparation, ses débouchés, les variétés que l'industrie rencontre; nous chercherons dans ce travail à faire connaître, surtout au point de vue chimique, les caractères de l'indigotine et sa composition de laquelle résulte la méthode employée pour son application à l'art de la teinture. L'indigotine n'est autre chose que le principe utile de l'indigo; elle est insoluble et ne prend par elle-même aucune adhérence à l'étoffe; il faut l'appliquer à l'état soluble; c'est sous certaines influences réductrices que l'indigo bleu se transforme en *indigo blanc*, forme sous laquelle il se dissout.

Indigo blanc. — Lorsqu'on traite sur les côtes de Coromandel les végétaux qui renferment de l'indigo, c'est toujours des feuilles sèches qu'on l'extrait; on fait infuser pendant deux ou trois heures les feuilles concassées, on passe la dissolution à travers un tissu peu serré, on bat la liqueur et on ajoute environ 48 litres d'eau de chaux pour 100 kilog. de feuilles sèches. On agite pendant quelques minutes; enfin on laisse déposer. Quand le dépôt est formé, on décante; on lave avec un peu d'eau bouillante et on met à égoutter sur une toile le dépôt lavé. On soumet alors l'indigo pâteux à l'action d'une presse, puis on coupe la masse en morceaux cubiques qu'on dessèche à l'air; chacun de ces morceaux peut peser 90 grammes.

L'indigo n'existe donc pas tout formé dans les plantes; il se trouve à l'état soluble, incolore et peut-être même à l'état plus complexe, sous forme d'une matière analogue à la lécanorine du lichen, susceptible de se dédoubler dans l'eau en indigo blanc et d'autres produits : c'est alors l'indigo blanc qu'il conviendrait de désigner sous le nom d'*indigotine*.

Quoi qu'il en soit, lorsqu'on ajoute à la dissolution de l'indigo blanc un excès de chaux, on détermine la formation d'un sel de chaux qui se précipite. Ce sel absorbant l'oxygène de l'air passe petit à petit à l'état d'indigo, bleu qu'il conviendrait de dénommer indigotéine. La chaux, devenue libre, se trouve dissoute dans l'eau ou précipitée sous forme de carbonate de chaux.

Pour obtenir à l'état de pureté l'indigo blanc, il serait difficile de le prendre directement dans les feuilles.

Comme on connaît les conditions dans lesquelles l'indigotéine se décolore, c'est à cette source qu'on doit aller la puiser. Et en effet, lorsqu'on place dans un petit tonneau d'environ 100 litres de capacité du sulfate de fer, de la chaux et 500 grammes d'indigo bleu, on aperçoit une décoloration complète de la masse : on verse le liquide tiède au commencement de l'opération dans des flacons chargés d'acide carbonique pour éviter le contact de l'air; quand les flacons sont à peu près pleins, on y verse de l'acide chlorhydrique étendu et bouillant, de manière à les remplir tout à fait de liquide : on bouche les flacons, et pour les conserver on les immerge complétement dans l'eau.

Dès qu'on a versé l'acide chlorhydrique, l'indigo blanc se précipite en flocons d'un blanc sale; laisse-t-on le flacon à l'air, celui-ci pénètre peu à peu, et l'indigo passe au vert sale, puis au bleu dans sa partie supérieure. Lorsque l'indigo blanc s'est déposé, on jette le tout sur des filtres placés dans un entonnoir dans lequel circule ou de l'hydrogène ou de l'acide carbonique. On lave avec de l'eau bien dépouillée d'air et complétement refroidie. On dessèche l'indigo dans le vide d'une machine pneumatique; après la dessiccation complète, on remplit l'appareil d'acide carbonique.

Préparé comme nous venons de le dire, l'indigo blanc est une poudre solide, cristalline, fibreuse, soyeuse, plus dense que l'eau, inodore et sans saveur; insoluble dans l'eau, il est soluble dans l'alcool et dans l'éther qu'il colore en jaune : il ne s'unit pas avec les acides faibles. Les alcalis, c'est-à-dire la potasse, la soude, l'ammoniaque, la chaux, la baryte, la strontiane, la magnésie forment des dissolutions qui, saturées d'indigo blanc, sont complétement solubles. Mais si l'on ajoute, au contraire, un excès de chaux, il se

forme un sel insoluble ; par double décomposition, on forme des indigotures insolubles avec les sels qui contiennent de l'alumine, du protoxyde de fer, de l'étain, du plomb, du cobalt et du manganèse. Ces composés, généralement blancs, bleuissent à l'air. L'indigoture d'étain seul donne de l'indigo par sublimation. Le sulfate de protoxyde de fer qu'on verse avec précaution dans une dissolution d'indigo blanc, produit un dépôt noir qui devient bleu par un excès de sulfate. L'indigo blanc, soumis à la chaleur, devient bientôt d'un pourpre foncé. Chauffé dans le vide, il se décompose sans développer de gaz ; il se produit de l'eau, de l'indigo bleu et du charbon.

Les acides concentrés l'attaquent promptement. L'acide sulfurique fumant le dissout instantanément, la dissolution est pourpre ; l'acide nitrique la fait virer au bleu ; l'acide nitrique concentré altère l'indigo blanc qui bleuit rapidement. Au reste, l'indigo blanc devient instantanément bleu dans l'eau aérée ; il se fait de l'*indigotéine* par une absorption d'oxygène, d'autant plus rapide que la masse est plus divisée.

Indigotéine.—L'indigo bleu, suffisamment pur pour la plupart des recherches, se prépare en pulvérisant l'indigo du commerce pour le laver successivement à l'eau bouillante, à l'alcool bouillant, à l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique également bouillante. Le résidu est presque à l'état de pureté. L'indigo bleu tout à fait pur s'obtient ou par voie humide ou par sublimation. Dans le premier cas on part de l'indigo blanc qu'on transforme par l'oxydation à l'air libre en indigo bleu. L'indigo régénéré, bien lavé et séché, est épuisé par l'alcool qui le débarrasse du rouge d'indigo, et par le sulfure de carbone qui le dépouille du soufre libre provenant du sulfure de calcium qui l'accompagne presque toujours. En effet, la réaction des matières organiques sur le sulfate de chaux forme du sulfure de calcium que l'acide chlorhydrique décompose avec dépôt de soufre.

Lorsqu'on soumet à l'action d'une douce chaleur, sous une épaisseur peu considérable, de l'indigo brut concassé, on remarque à la surface de la couche un lacis de cristaux, qu'on enlève pour les soumettre à un triage attentif. Ces cristaux d'un bleu pourpre constituent l'indigotéine pure. M. Kopp a proposé la fabrication industrielle de l'indigo bleu par voie de sublimation en se servant, pour éviter l'altération du produit, d'un courant de vapeur d'eau surchauffée. Nous nous sommes étendu longuement sur ce sujet en parlant de son application à l'étude de l'alizarine.

A l'état de pureté, l'indigotéine est volatile, elle présente de magnifiques vapeurs pourpres, lorsqu'on la projette en petits grains sur une plaque métallique convenablement chauffée. Lorsqu'on distille en vase clos, une partie seule se sublime sans altération, l'autre se décompose en produisant de l'eau, du carbonate d'ammoniaque, de l'huile et des gaz inflammables ; il reste un dépôt de charbon. On décompose la vapeur d'indigo par son passage dans un tube de verre dont la température est supérieure au point de volatilisation de cette matière.

L'air et l'oxygène n'agissent point sur l'indigo bleu, l'eau n'en dissout pas trace ; il est insoluble dans l'éther, et l'alcool n'en dissout que fort peu en se colorant en bleu. Les acides faibles sont sans action sur lui ; toutefois, les acides qui peuvent céder facilement l'oxygène l'attaquent rapidement. L'acide nitrique concentré peut l'enflammer par son simple contact ; moins concentré, il donne naissance aux *acides picrique* et *indigotique ;* plus étendu encore, il détermine l'oxydation de l'indigotéine qu'il transforme en *isatine*. L'acide sulfurique concentré dissout l'indigo en prenant une teinte verte ; mais à la fin la liqueur devient d'un beau bleu, sans dégagement d'acide sulfureux. L'acide

sulfurique fumant donne un liquide d'un rouge pourpre.

Les alcalis carbonatés ou caustiques agissent comme les acides faibles. L'indigo bleu, délayé dans de la potasse ou de la soude caustique, s'y maintient en suspension et ne se sépare que très-difficilement par le repos ou la filtration.

Le chlore exerce sur l'indigo bleu des actions variées suivant les conditions de l'expérience ; à l'état sec, le chlore et l'indigo ne réagissent pas l'un sur l'autre, ni à une température basse, ni à 100°. Mais vient-on à délayer l'indigo bleu dans l'eau de manière à le réduire en une bouillie dans laquelle on fait passer un courant de chlore, la couleur bleue de l'indigo disparaît, de l'acide chlorhydrique se dissout, et le liquide contient des produits chlorés dérivés de l'isatine. Le brome, en réagissant sur l'indigo, conduit à des produits en tout semblables aux précédents. Sous l'influence des corps réducteurs, la potasse et le glucose, il y a décoloration.

Il est curieux de voir cette décoloration se produire dans des circonstances tout opposées. M. Wurtz, de Washington, a démontré, vers 1858, que les dissolutions de peroxyde de fer peuvent décolorer l'indigo ; M. Kuhlmann a présenté la même observation. Les sels de fer sont ramenés au minimum. On pourrait tirer parti de ce fait en se servant des sels de peroxyde de fer comme rongeant de l'indigo.

Si nous cherchons à représenter par des formules la composition de l'indigo bleu et celle de l'inidgo blanc, nous voyons qu'elles ne diffèrent l'une de l'autre que par un équivalent d'hydrogène. L'indigo bleu a pour formule $C^{16}\ H^5\ Az\ O^2$, et l'indigo blanc $C^{16}\ H^6\ Az\ O^2$. Voyons s'il est possible d'expliquer simplement la transmutation de ces deux corps l'un dans l'autre.

Ajoute-t-on à l'indigo bleu l'hydrogène qui lui manque, on le transforme en indigo blanc, qu'on peut représenter par les deux formules (1) et (2)

$$C^{16}\ H^5\ Az\ O^2 + H = \begin{cases} (1)\ C^{16}\ H^6\ Az\ O^2 \\ \text{ou} \\ (2)\ C^{16}\ H^5\ Az\ O,HO. \end{cases}$$

Quant à l'indigo blanc, vient-on à le mettre en contact avec l'oxygène, il se forme un oxyde supérieur avec élimination d'un équivalent d'eau.

$$(4)\ C^{16}\ H^6\ Az\ O^2 + O = C^{16}\ H^5\ Az\ O^2 + HO$$
$$(3)\ C^{16}\ H^5\ Az\ O, HO + O = C^{16}\ H^5\ Az\ O^2 + HO.$$

Les conditions de l'expérience sont ainsi facilement expliquées. Les équations (3) et (4) rendent compte de la transformation au contact de l'air de l'indigo blanc en indigo bleu, quelle que soit la formule par laquelle on représente l'indigo blanc.

Lorsqu'il y a réduction, on explique avec autant de facilité la formation de l'indigo bleu.

20 gram. de sulfate de protoxyde de fer, auxquels on ajoute 10 gram. d'indigo bleu, sont précipités par 10 gr. de chaux ; il se forme de l'oxyde de fer qui passe de l'état de peroxyde aux dépens de l'eau ; il en résulte de l'hydrogène qui se porte sur l'indigo bleu directement, ou qui, enlevant une molécule d'oxygène, fixe un équivalent d'eau.

$$(5)\ C^{16}\ H^5\ Az\ O^2 + H = C^{16}\ H^6\ Az\ O^2$$
$$(6)\ C^{16}\ H^5\ Az\ O^2 + H = C^{16}\ H^5\ Az\ O,HO.$$

Ces interprétations sont donc d'accord avec la théorie et la pratique des ateliers. Nous aurons plus tard à les revoir en parlant de la teinture proprement dite.

24. Carmin d'indigo *(acide sulfo-indigotique)*.

L'indigo rendu soluble par les moyens que nous venons de passer en revue n'est pas la seule matière colorante dérivée de l'indigo bleu. Nous avons vu que l'acide sulfurique jouit de la propriété de dissoudre cette matière ; on a fait usage de cette nouvelle dissolution.

Quand on traite une partie d'indigo desséché dans une étuve à 100 degrés par 15 à 20 parties d'acide sulfurique et qu'on élève la température à 50 ou 60 degrés, l'indigo se dissout sans dégagement d'acide sulfureux, passe au jaune, puis au vert, pour revenir à sa nuance primitive, le bleu foncé. Il reste en dissolution des matières particulières : un acide sulfo-indigotique d'après M. Chevreul, sulfindylique suivant M. Dumas, et l'excès d'acide sulfurique que souille encore un acide complexe sulfuré que Berzélius a nommé hyposulfo-indigotique. Pour débarrasser l'acide sulfo-indigotique de toutes ces matières et de celles qui proviennent de l'indigo du commerce, on l'étend d'eau, puis on filtre pour éloigner tout ce qui n'est pas soluble. En ajoutant de la potasse on forme des sels potassiques, et comme le sulfo-indigotate de potasse ne se dissout pas en présence du sulfate de même base, il se précipite dans la liqueur qui ne renferme plus que du sulfate et de l'hyposulfo-indigotate; on le lave avec un peu d'eau lorsqu'on l'a jeté sur un filtre ; on le lave ensuite avec de l'acétate qui enlève le sulfate de potasse et qu'on éloigne à son tour par un lavage à l'alcool. Ce qui reste sur le filtre est le *carmin d'indigo* qu'on vend dans le commerce à l'usage des teinturiers sous le nom d'indigo soluble. Pour diminuer les frais de fabrication, on remplace la potasse par la soude ; on évite d'ailleurs les lavages, parce que le sulfate de soude qui cristallise à la surface du sulfindigotate peut être facilement enlevé mécaniquement quand l'efflorescence s'est produite.

Lorsqu'on n'emploie, pour traiter l'indigo, que cinq parties d'acide sulfurique pour une d'indigo, la dissolution s'opère encore sans dégagement d'acide sulfureux pourvu qu'on n'élève pas trop la température; mais la liqueur, au lieu d'être bleue, reste pourpre et précipite quand on vient à la traiter par l'eau; le volume du précipité varie avec les circonstances de l'expérience, savoir : la température de la réaction, la concentration de l'acide, etc.

Lorsqu'on fait usage de l'acide des chambres et que l'on ajoute l'eau dans la dissolution acide, aussitôt que le dépôt a disparu ou qu'on fait bouillir cette dissolution étendue, on obtient un précipité très-abondant que M. Walter Crum a nommé *phénicine*, et que M. Berzélius a nommé *pourpre d'indigo*. Nous le nommerons, avec M. Chevreul, acide sulfopurpurique.

Le sulfate d'indigo qu'on emploie dans la teinture est-il plus avantageux sous forme d'acide sulfo-indigotique, ou sous forme d'acide sulfopurpurique ; un mélange de ces deux composés présente-t-il les plus grands avantages? Si cette question était tranchée dans un sens ou dans l'autre, rien ne serait plus facile que de diriger la fabrication dans la voie la plus capable de conduire à l'un ou l'autre de ces composés. Quoi qu'il en soit, aujourd'hui le sulfate d'indigo se prépare en fabrique en faisant dissoudre un kilog. d'indigo brut du commerce, finement broyé et pulvérisé par un mélange d'un kilog. d'acide sulfurique de Saxe et un kilog. d'acide sulfurique concentré ordinaire. On abandonne à lui-même le mélange d'acide et d'indigo pendant 48 heures; puis, pour favoriser la dissolution, on chauffe le mélange au bain-marie jusqu'à ce qu'une goutte de la liqueur, ajoutée dans un vase rempli d'eau, s'y dissolve en colorant fortement la liqueur sans produire de précipité. Cette dissolution refroidie contient du pourpre d'indigo mêlé d'acide sulfo-indigotique, si le contact de l'acide sulfurique en a développé. On l'étend d'eau tant que le mélange ne marque pas 18 degrés Baumé. Le tour de main de cette préparation consiste à s'opposer à l'élévation de température qui détruirait une partie de la matière colorante. Quand on veut préparer du pourpre d'indigo, le mieux est de séparer par un alcali tout ce qui peut s'y dissoudre; pour préparer le carmin d'indigo, cette précaution devient inutile, car par la filtration le sulfo-indigotate de potasse est débarrassé des matières insolubles, et par l'acétate de soude on éloigne les substances étrangères solubles.

Le carmin d'indigo se dissout très-facilement dans l'eau pure ; quand à cette dissolution on ajoute une dissolution saline à base de potasse, de soude, de baryte, de strontiane, de chaux, de plomb, d'argent ou de mercure, elle se trouble et le sel se dépose quelquefois après avoir éprouvé la double décomposition. Les sels à base d'ammoniaque, de manganèse, de zinc, de cuivre, d'alumine, de protoxyde et de peroxyde de fer ne précipitent pas.

Les sulfo-indigotates se décolorent par la potasse et reprennent la couleur bleue qui leur est propre quand on les sature par un acide, pourvu, toutefois, qu'ils n'aient pas été portés à la température de l'ébullition ; l'acide bleu se trouve détruit dans ces circonstances.

Le bleu, précipité de la sorte, prend le nom de *distillée*. Il se trouve plus pur et se vend plus cher.

Les bleus qu'on obtient en teinture par la dissolution de l'indigo dans l'acide sulfurique sont plus vifs, mais moins solides que ceux qu'on obtient par le bleu de cuve. Il est probable que, dans le traitement par l'acide sulfurique, l'indigo se trouve modifié sinon dans sa nature, au moins dans celle des combinaisons qu'il forme avec les fibres textiles. Ce bleu, connu longtemps sous le nom de bleu de Saxe ou de composition, ne date que de 1740. Découvert par le conseiller Barth à Grossen-Hayn, il fut longtemps tenu secret, mais cependant il se répandit peu à peu. Dans l'origine sa composition était très-compliquée. Il se formait en faisant réagir d'abord l'acide sulfurique sur l'alumine, l'antimoine et d'autres substances minérales; on n'introduisait d'ailleurs l'indigo qu'après la dissolution de ces éléments étrangers.

25. Bois de Campêche *(hématine, hématéine)*.

M. Chevreul a déjà depuis longtemps étudié les propriétés de la dissolution des bois de Campêche dont l'emploi date en Europe de la découverte de l'Amérique. Le principe utile de la décoction de cette matière tinctoriale est connu sous le nom d'*hématine*. Nous avons fait connaître comme BOIS DE TEINTURE, dans ce Dictionnaire, les caractères et les usages de cette substance; nous n'y reviendrons pas, mais nous nous étendrons plus longuement sur les propriétés chimiques de l'hématine pure, qui dans ces derniers temps a figuré parmi les sujets traités par les chimistes les plus distingués.

Hématine. — Le procédé d'extraction de M. Chevreul consiste à traiter le campêche en poudre par l'eau pure; l'extrait concentré repris par l'alcool est soumis à l'évaporation qui dépose des cristaux, si l'on a pris le soin d'étendre d'un peu d'eau le liquide sirupeux provenant de la concentration de l'alcool.

Le procédé de M. Chevreul a reçu de M. Erdmann une légère modification qui a permis d'obtenir l'hématine avec plus de pureté. M. Erdmann prend l'extrait qu'on trouve dans le commerce, il le pulvérise avec cinq à six fois son poids de sable pour s'opposer à l'agglutination; il le traite ensuite par six fois son volume d'éther. La dissolution dans l'éther contient l'hématine et quelques matières étrangères; le liquide décanté, évaporé jusqu'à consistance sirupeuse, est repris par l'eau, qui au bout de quinze jours sépare des cristaux qu'un lavage à l'eau froide suffit pour décolorer. 1 kilog. d'extrait et 5 kilog. d'éther ont fourni 125 gr. d'hématine.

L'hématine pure n'est pas rouge, elle est à peine colorée; elle se rapprocherait donc de la lécanorine et de l'orcine par sa propriété de se transformer en une matière colorée sous l'influence de l'oxygène et des bases. La couleur des cristaux d'hématine varie du jaune-

paille au jaune de miel, leur poussière est jaune pâle, leur saveur est douce et sucrée. L'hématine est peu soluble dans l'eau froide; l'eau bouillante en dissout assez pour qu'elle puisse se séparer sous forme de cristaux par le refroidissement. L'hématine se colore fortement sous l'influence de l'air et de l'ammoniaque, à ce point qu'elle est le réactif le plus sensible pour déceler la présence de ce gaz dans de l'air qui n'en contiendrait que des traces. L'hydrogène sulfuré détruit la combinaison colorée. L'hématine ne contient pas d'azote; elle retient tantôt 8, tantôt 3 équivalents d'eau. A 120° elle a perdu toute l'eau qu'elle peut abandonner sans se décomposer. L'hématine anhydre ou l'hématine hydratée se comporte de la même manière sous l'influence des divers réactifs.

Soluble dans l'éther et dans l'alcool, l'hématine n'est pas détruite par les acides chlorhydrique et sulfurique étendus; il y a dissolution des cristaux avec coloration rouge de la liqueur; l'acide nitrique concentré l'attaque même à froid; il se forme en abondance de l'acide oxalique. Le chlore la détruit, mais l'action n'est pas nette; il se forme une masse résinoïde brunâtre sans apparence de principe cristallin.

L'eau de baryte donne avec l'hématine un précipité d'un blanc bleuâtre qui se fonce au contact de l'air et passe au bleu foncé, puis au rouge brun; la potasse colore l'hématine en violet; à l'air la coloration passe bientôt au rouge pourpre, puis au jaune brun, puis au brun sale. Le produit brun dissous dans la potasse ne forme pas de précipité par les acides.

L'acétate de plomb neutre ou basique donne avec l'hématine un précipité, d'abord parfaitement blanc, mais qui se colore rapidement en bleu par son contact avec l'oxygène de l'air. La couleur finit par devenir tout à fait bleue. Le nitrate d'argent est réduit par l'hématine; il se dépose de l'argent métallique et la liqueur prend une teinte jaune. L'alun ne donne pas de précipité.

L'action de l'ammoniaque sur l'hématine est intéressante. D'après M. Erdmann, il se forme une nouvelle matière qui joue le rôle des acides et qui se combine avec l'excès d'ammoniaque.

Hématéine.—Lorsqu'après avoir fait dissoudre l'hématéine dans l'ammoniaque liquide, on l'abandonne au contact de l'air, la couleur de la dissolution d'abord rouge se fonce de plus en plus et finit par devenir rouge noire, presque opaque. Tant que la dissolution n'a pas dépassé la teinte pourpre, on n'obtient pas de précipité par la saturation de l'ammoniaque au moyen de l'acide acétique; mais ce précipité apparaît lorsque la couleur est devenue noire, c'est l'hématéine qui se précipite sous forme d'un dépôt ocreux rappelant la couleur de l'oxyde de fer hydraté. Dès que ce caractère se manifeste, il faut ne renouveler qu'avec précaution l'ammoniaque qui disparaît; par l'évaporation spontanée, le vase se couvre de cristaux grenus, violets, très-colorés, solubles dans l'eau qu'ils colorent en pourpre, c'est de l'hématéinate d'ammoniaque; les acides précipitent de l'hématéine, elle n'est pas azotée. Elle est d'une couleur ocreuse, mais par la dessiccation elle devient dichroïte et réfléchissant les couleurs des cantharides. En couche mince, elle laisse passer une lumière rouge; l'hématéine est peu soluble dans l'eau froide, plus soluble dans l'eau chaude qui la dépose par refroidissement sous forme de cristaux pailletés.

L'hydrogène sulfuré ne ramène pas l'hématéine à l'état d'hématine; il n'agit que comme acide, la dissolution dépose par la concentration de l'hématéine inaltérée.

On peut se rendre compte de ces diverses réactions en représentant la composition de l'hématine par la formule.

$$C^{16}\ H^{8}\ O^{7} = C^{16}\ H^{7}\ O^{6}, HO.$$

Sous l'influence de l'oxygène, il y aurait un équivalent d'hydrogène enlevé à l'état d'eau. On aurait, comme pour l'oxydation de l'indigo :

$$C^{16}\ H^{8}\ O^{7} + O = C^{16}\ H^{6}\ O^{6}, 2\ (HO).$$

Au reste, la question est encore assez obscure pour qu'on n'ose proposer une formule qu'avec la plus grande réserve.

26. Fleurs de mauve noire (*malvéine.*).

On a fait emploi pendant l'année dernière, en Turquie, de 14,000 quintaux de fleurs de mauve noire desséchées; on ignorait l'usage auquel ce produit était destiné; personne n'osait affirmer que les teinturiers s'en servissent, car on n'avait pas encore pu fixer sur laine, sur coton, sur soie, la matière colorante que contient la mauve.

M. E. Kopp a repris l'étude de cette substance, qu'une culture sur une grande échelle a fait classer parmi les matières premières de prix abordable. Leur valeur, qui était, en effet, de 424 francs, ne dépasse pas actuellement 50 francs les 100 kilogrammes.

Pour extraire le principe colorant contenu dans les mauves, on traite les fleurs par l'eau bouillante après avoir séparé la base des pétales, qui ne contient aucune matière utile et introduirait dans le bain une trop grande quantité de principes mucilagineux. L'infusion faite dans l'eau distillée et filtrée sur une chausse se présente sous forme d'un liquide d'une couleur rouge violacée un peu gluant si la dissolution est concentrée. Les acides le font virer au rouge cramoisi, l'addition d'un alcali ramène la couleur au violet, puis au bleu légèrement verdâtre; l'addition des alcalis à l'infusion la fait de suite passer au vert.

L'infusion aqueuse précipite en vert par l'eau de chaux; les sels d'alumine basique donnent à la longue un précipité d'un bleu pur; l'acétate de plomb décolore complétement la liqueur : il se fait un précipité bleu très-volumineux; le sulfate de cuivre donne un dépôt d'un très-beau bleu. Avec les sels de mercure, on a des précipités bleus; les sels d'étain se comportent de même; le sulfate de fer donne un dépôt bleu violacé d'une assez belle nuance; le perchlorure de fer précipite en brun, il y a destruction de la matière; de semblables phénomènes se produisent avec les chlorures décolorants, l'acide chromique et le bichromate de potasse.

La matière colorante de la mauve noire appartient donc à la classe des matières végétales, caractérisées par la propriété d'être rougies par les acides et verdies par les alcalis; ces matières se rencontrent assez fréquemment dans la nature, comme, par exemple, dans les dahlias violets, les feuilles de choux rouge, la violette, etc.

On peut donner à ce principe le nom de *malvéine*. La dissolution aqueuse l'abandonne sous forme d'extrait.

Malvéine.—La matière colorante de la mauve est très-soluble dans l'alcool; elle se dissout également, mais moins facilement, dans l'éther; ces teintures présentent une nuance pourpre très-riche.

Elle se dissout sans altération dans l'acide sulfurique concentré, même chauffé jusqu'à 60 ou 80 degrés centigrades; la dissolution possède une couleur pourpre très-belle et très-pure. On peut tirer parti de cette circonstance pour préparer directement avec les fleurs de mauve une solution sulfurique. A cet effet, on humecte les pétales secs avec un peu d'acide sulfurique concentré; en broyant le tout dans un mortier en porcelaine légèrement chauffé, on obtient une pâte homogène, rouge brun, assez épaisse; on l'abandonne plusieurs heures avant de la traiter par l'eau bouillante, on filtre; la dissolution limpide est d'un beau rouge

pourpre très-foncé. Il reste sur le filtre une matière ligneuse ou pectineuse à demi carbonisée, qui ne retient qu'une petite quantité du principe colorant.

L'extrait alcoolique, plus pur que l'extrait aqueux, permet de séparer plus facilement la malvéine du mélange. Cette teinture, évaporée doucement au bain-marie, laisse un résidu d'apparence résineuse; ce résidu, en contact avec l'eau, s'y dissout presque complétement, à l'exception d'une très-petite quantité de matière grasse ou résineuse; il a été impossible, jusqu'à présent, d'obtenir la matière colorante à l'état de pureté ou avec des caractères de pureté suffisants pour en faire l'analyse; la teinture éthérée donne par l'évaporation spontanée des grumeaux à apparence cristalline, mais à la loupe on n'y retrouve pas de structure régulière.

Soumise à la distillation sèche, la matière colorante se carbonise sans donner de sublimé cristallin; il se forme une huile épaisse empyreumatique, à réaction acide; l'absence d'ammoniaque autorise à penser qu'elle ne contient pas d'azote.

Lorsqu'on reprend par l'eau le résidu de l'évaporation de la liqueur alcoolique, on obtient avec les réactifs des résultats différents de ceux fournis avec la liqueur aqueuse préparée directement avec les fleurs de mauve.

Ainsi elle ne donne de précipité ni par les sels d'alumine ni par le bichlorure d'étain; les premiers la colorent seulement en beau bleu violacé, et le second en rouge pourpre; avec le sulfate de protoxyde de fer et le protochlorure d'étain, les précipités sont beaucoup moins abondants et la liqueur reste fortement colorée. La solution ne précipite ni par le tanin ni par la gélatine.

La nature des préparations qu'on a fait subir aux fibres modifie la nuance que l'on peut obtenir en teinture avec les solutions aqueuses de fleurs de mauve.

On obtient : sur coton, avec le sel de fer fort, une couleur noire; avec le sel de fer faible, une coloration bleu noirâtre; avec les sels d'alumine, une couleur bleue violacée; avec les sels d'étain, un violet bleuâtre;

Sur laine, avec l'oxychlorure d'étain, un violet assez foncé; avec les sels de fer, un noir bleuâtre ou du bleu grisâtre; avec les sels d'alumine, un bleu grisâtre ou violacé; avec les sels d'antimoine, un violet brunâtre;

Sur soie, avec les sels d'étain, une nuance violette assez belle.

27. Vert des feuilles (*chlorophylle*).

On n'a pas fait encore usage comme matière colorante du principe vert des feuilles qu'on trouve dans presque toutes les plantes et qu'on a désigné sous le nom de chlorophylle.

Cette substance douée de propriétés toutes spéciales avait été considérée pendant longtemps comme un principe immédiat *sui generis;* on lui avait reconnu des caractères spéciaux et la propriété remarquable de se décolorer sous l'influence de l'hydrogène à l'état naissant. M. Sachs avait observé que l'oxygène, sans le concours de la lumière, pouvait faire renaître la coloration verte. Ses propriétés chimiques ont été reconnues par Pelletier, Berzélius, Mulder et M. Morot. M. Verdeil, dans un travail récent, assimilait la matière verte des feuilles au principe colorant du sang; il admettait qu'elle contient du fer.

M. Frémy, dans des recherches remarquables, a fait voir que la chlorophylle n'est pas un principe immédiat simple, mais qu'elle résulte du mélange ou de la combinaison de deux corps, l'un bleu, l'autre jaune.

La chlorophylle n'est que l'extrait brut de feuille par l'alcool. Nous donnerons ici l'exposé du travail de M. Frémy, parce que les données qu'il renferme rentrent dans l'étude des phénomènes que nous examinons en ce moment.

Pour rechercher si la matière colorante des feuilles est composée de deux principes différemment colorés, M. Frémy l'a mise en contact avec une substance dont l'affinité pour les matières colorantes peut être modifiée comme on le veut, c'est l'alumine hydratée. On augmente ou diminue l'affinité de cet oxyde par des additions d'eau ou d'alcool absolu.

Or, comme la matière jaune des feuilles paraît avoir moins d'affinité pour l'alumine que n'en a l'autre substance colorée, lorsque la substance est très-alcoolique on obtient une laque d'un vert foncé, tandis que l'acool retient en dissolution une substance d'un beau jaune; quand, au contraire, la dissolution est étendue d'une grande quantité d'eau, toute la matière colorante se combine à l'alumine qui fournit alors une laque analogue à la couleur verte des feuilles.

En agissant sur cette laque avec des agents d'une faible énergie chimique, on la décompose; et parmi ces agents, les uns agissent sur le principe jaune, les autres sur le principe bleu. Le sulfure de carbone porte son action sur le principe jaune. Son contact fonce donc la laque en la rendant plus verte; l'éther, l'alcool, l'essence de térébenthine isolent la matière verte avec sa coloration primitive. Quelques agents réducteurs modifient la chlorophylle et la transforment en une substance d'un jaune magnifique, très-soluble dans l'alcool et l'éther. Les acides faibles et surtout l'acide chlorhydrique reconstituent dans la dissolution alcoolique une matière colorante verte.

Lorsqu'on traite par un mélange de deux parties d'éther et une partie d'acide chlorhydrique étendu d'une petite quantité d'eau le corps qui provient de l'altération de la chlorophylle, on obtient, en agitant le flacon qui contient le mélange, une dissolution éthérée qui s'empare du principe jaune et un liquide acide qui reproduit une substance d'un bleu magnifique. Pour reconstituer le vert, il suffit d'ajouter de l'alcool en quantité suffisante pour redissoudre les deux matières isolées.

M. Frémy appelle *phylloxanthine* la matière jaune des feuilles et *phyllocyanine* la matière bleue; la phylloxanthine est beaucoup plus stable que la matière bleue.

Des études analogues appliquées aux autres couleurs de la nature végétale conduiront peut-être à la découverte de principes nouveaux dont l'industrie saura tirer parti. C'est dans ce but que nous avons présenté l'extrait que nous venons de lire et qui présente sous un jour nouveau les questions que la chimie moderne doit prochainement élucider.

28. Vert du chardon (*cinaréine*).

M. Verdeil a fait connaître de la manière suivante une matière colorante nouvelle susceptible de fournir comme le lo-kao du vert sans mélange. Si l'on fait bouillir dans l'eau la partie charnue des capitules des fleurs non encore développées du chardon ou de l'artichaut (*cinara scolymus*), on obtient un liquide incolore qu'on sépare par expression; l'addition du carbonate de soude développe dans ce suc, sous l'influence de l'air, une couleur vert-jaune que l'addition de l'acide acétique fait virer au vert-bleu. L'acétate de plomb forme dans cette liqueur verte un précipité vert; ce précipité est décomposé par l'acide sulfurique étendu dans beaucoup d'alcool à 40°. La dissolution alcoolique se colore en jaune-brun; le plomb se trouve éliminé à l'état de sulfate, et la matière colorée est alors précipitée par une addition d'éther qui retient les corps gras et astringents.

Le précipité recueilli sur un filtre et lavé encore à l'éther, puis à l'eau, constitue la matière colorante libre et à l'état de pureté. C'est un principe hydrogéné

TEINTURE.

et azoté, insoluble dans l'eau et les acides; il se dissout dans les alcalis qu'il colore en vert: l'alun et le perchlorure d'étain le précipitent de cette dissolution alcaline, en formant des laques d'un vert foncé qui, desséchées, conservent leur nuance et résistent à l'action de la lumière.

Cette matière verte, qu'on pourrait nommer *cinaréine*, est différente, ainsi que l'a fait observer M. Persoz, de celle du nerprun ; néanmoins elle pourrait être utilisée si ses qualités à la lumière lui communiquent les avantages qu'on recherche, surtout pour les verts applicables à la teinture des soies.

29 Vert de Chine (*vert de nerprun, lo-kao*).

Nous avons étudié, jusqu'à présent, les substances rouges, violettes et bleues. Il eût été difficile, il y a quelques années, de mentionner une seule couleur directement verte; toutes les nuances, quelque variées qu'elles fussent, étaient préparées dans l'industrie par des mélanges ou des superpositions de couleurs transparentes jaunes et bleues.

Des recherches récentes vont nous donner l'occasion de faire connaître une singulière substance, dont la science a constaté la nature et les propriétés, et que l'industrie peut reproduire avec des éléments indigènes. Cette matière, découverte en Chine, a fixé l'attention sur une série de matières tinctoriales des plus convenables pour l'obtention des nuances vertes qui prennent un éclat très-vif, même à la lumière artificielle. Le travail que nous allons analyser réunissant toutes les données scientifiques et tous les documents industriels peut servir de base aux recherches nouvelles qu'il serait convenable de tenter sur d'autres matières analogues, susceptibles de donner des nuances plus ou moins vertes. Nous commencerons par présenter une courte notice historique sur le lo-kao, ou vert de Chine ; nous la ferons suivre de l'exposé des caractères chimiques de la matière telle qu'on la connaît.

Les renseignements qui suivent sont extraits de la notice remarquable publiée sur ce sujet par la chambre de commerce de Lyon, et qui contient à la fois les observations dues à MM. N. Rondot, Persoz et Michel.

Lors de la distribution aux diverses chambres de commerce des produits apportés de Chine par les délégués français, la société de Mulhouse reçut, entre autres produits, divers tissus écrus, blanchis et teints. Un de ces tissus, teint en vert, qui présentait cette particularité, qu'il avait un envers d'un vert jaunâtre et un endroit d'un vert bleuté plus foncé, appela l'attention de M. Daniel Koechlin-Schouc, qui le signala comme teint par un vert particulier jusqu'alors inconnu; il insista pour que des renseignements fussent recueillis sur cette fabrication chinoise.

Le document le plus complet fut fourni par un savant missionnaire, le R. P. Hélot, qui a étudié sur place la méthode employée pour obtenir cette teinture. Voici le résumé de ce procédé, tel qu'il est présenté dans la notice sur le vert de Chine, et la teinture en vert chez les Chinois, par M. Natalis Rondot, p. 70 :

« L'écorce fraîche du *hong-pi la-chou*, d'abord bouillie, reste infusée pendant deux jours; l'infusion de l'écorce sèche dure dix jours. » (D'après ce renseignement, la matière serait dans la plante à l'état soluble et non coloré). « On opère avec deux bains séparés, on ajoute de l'eau de chaux à l'un et à l'autre. On plonge les toiles sept à dix fois dans le bain de *hong-pi*, ensuite trois fois dans celui de pi-pi ; on fait sécher après chaque immersion. On étend les toiles à la tombée de la nuit; mais l'action du soleil est indispensable, la toile n'est teinte que du côté qui a été exposé au soleil. »

Telle est la communication qui devint le point de départ de M. Michel, de Lyon, pour ses recherches sur les matières colorantes des nerpruns indigènes. Les plantes employées par les Chinois, et que M. Decaisne a reconnues comme appartenant à la famille des nerpruns (*rhamnus utilis* et *rhamnus chloroforus*), n'existent pas en France. M. Michel a dû faire ses premiers essais sur des nerpruns indigènes, se rapprochant, autant que possible, des indications du R. P. Hélot.

Les expériences ont été faites sur des toiles de coton de 50 cent. de long, sur 33 cent. de large, bien nettoyées de tout apprêt. Les bains ont été préparés dans des casseroles de fer émaillé. Les toiles ont été plongées dans le bain, pendant un quart d'heure; elles ont ensuite été étendues sur le pré ; le lendemain, elles ont été relevées, elles étaient sèches. Nous pouvons suivre le détail et le progrès des opérations au point de vue de la teinture; ces étoffes, au sortir du bain, étaient à peine colorées en jaune roux très-faible ; dès la pointe du jour, elles acquirent une coloration très-apparente à la surface supérieure.

Plusieurs espèces de nerpruns ont été mises en essais.

L'alaterne a donné des nuances gris fauve d'autant plus brunes que la densité du bain était plus grande et les opérations plus multipliées. La bourdaine a présenté les mêmes résultats, seulement le jaune dominait. Le nerprun purgatif a produit, le premier jour, une couleur claire d'un vert assez prononcé; le deuxième jour, la nuance a tourné au gris; le troisième, au gris-violet, qui, à mesure que les opérations se multipliaient, a pris de l'intensité. Cette nuance violacée a été ramenée subitement au vert par une dissolution faible et bouillante d'alun.

Ces expériences ont prouvé qu'on peut obtenir des nerpruns un principe coloré qui y existe à l'état incolore, et si nous les rapprochons de ce que nous savons des missionnaires, elles semblent concluantes en raison de la déclaration formelle du R. P. Hélot, qui affirme que la lumière est indispensable à la production de la couleur verte ; la synthèse est donc sous ce rapport venue confirmer ce que l'observation et les traditions avaient enseigné.

En ce qui concerne l'influence de la lumière sur la coloration verte extraite des nerpruns, M. Michel, dans le but de lever tous les doutes, a fait des expériences qui me paraissent irréfutables.

1° En immergeant dans un bain de nerprun deux coupons de la même étoffe, si l'un seulement est exposé sur le pré, comme on l'a dit, tandis que l'autre est soumis pendant le même temps à l'action de l'air d'une cave très-obscure, le coupon qui a reçu la lumière se trouve coloré lorsque l'autre n'a pas éprouvé la moindre modification.

2° La même épreuve, répétée dans des vases, l'un opaque, l'autre transparent, renfermant chacun un coupon trempé dans le bain de nerprun, a conduit au même résultat.

En Chine, il paraît qu'on emploie simultanément le rhamnus chlorophorus et le rhamnus utilis, le premier pour donner à la couleur de l'éclat et du brillant, le second pour ajouter à la vigueur de la couleur. La préparation de la matière colorante qu'on a voulu rapprocher des procédés suivis pour la fabrication de l'indigo brut, s'exécute au moyen de toile grossière à surfaces rudes, sur lesquelles la couleur se dépose en quelque sorte mécaniquement, et qu'on en détache par des frictions répétées. Nous aurons occasion, plus tard, de revenir sur les procédés de teinture proprement dite; nous ne nous occupons ici que de la préparation du *lo-kao* supposé pur ; des teintures successives ont surchargé de ce principe les toiles dont nous avons parlé. On augmente la richesse de la décoction par des additions d'alun ou de carbonate de soude, avant d'y plonger les toiles de coton. Ces dernières étant surchargées de couleur par 15 à 20 immersions, suivies d'autant

TEINTURE.

d'expositions à l'air et au soleil, sont plongées dans de l'eau froide, puis agitées très-vigoureusement.

L'excès de couleur se détache et nage dans les eaux de lavage qu'on réunit dans une chaudière. On étend un lit de fils de coton à la surface de l'eau, puis on chauffe. Durant l'ébullition, la matière colorante, qui est en suspension, se dépose sur les fils de coton. On continue en mettant dans la chaudière de nouvelles eaux de lavage, jusqu'à ce que les fils soient suffisamment chargés de couleur.

Les fils sont alors lavés dans de l'eau claire et froide en les frottant dans les mains; le lo-kao se détache et se précipite. Le précipité, recueilli d'une manière quelconque, après avoir été bien lavé, se présente sous forme de pâte très-fine; on l'étend sur une feuille de papier fin, qui repose sur de la cendre; on la fait sécher d'abord à l'ombre, ensuite au soleil.

La couche de lo-kao ou de vert de Chine proprement dit se détache du papier, se bossue en séchant, et se brise en petites lames irrégulières, minces, légères, dures, d'une couleur bleue, avec reflets violacés et parfois verdâtres. Sa cassure récente est tantôt d'un vert sale, grisâtre, tantôt d'un bleu foncé ou violacé. Ces divers tons ou reflets se manifestent parfois sur une même lame, qui, malgré cela, lorsqu'on la frotte sur du papier, se colore toujours en un beau vert d'eau, d'une nuance turquoise fort agréable; il faut généralement un lit de fils de coton du poids de 3,620 grammes pour épuiser les eaux de lavage de 300 pièces de toile; on en extrait, d'après le R. M. Edkins, 283 grammes de lo-kao, dans l'état que nous allons indiquer plus bas; chaque kilogramme de vert de Chine représente donc 1,060 pièces de toile teinte; chaque pièce est longue d'environ 6,3 mètres sur 36 centimètres de largeur.

M. Guinon, de Lyon, parvint à s'en procurer une certaine quantité; c'est ainsi qu'il a pu teindre les beaux verts sur soie qui figurèrent pour la première fois à l'Exposition universelle de Paris.

Lo-kao. — Le *lo-kao* ou vert de Chine du commerce, dont le prix a varié, pour ces dernières années, de 250 à 500 fr. le kilogramme, n'est point une matière homogène, car, en l'incinérant, on en retire des quantités de cendres variant de 21,5 à 33 pour 100.

L'analyse de cendres de lo-kao, reçues en Hollande, a donné à M. Bleekrode jusqu'à 52 pour 100 d'argile, 31 pour 100 de chaux, et 12,5 de phosphate de chaux, et 1 d'oxyde de fer.

Le lo-kao est insoluble dans les huiles essentielles, les alcools, les éthers, le sulfure de carbone. En contact avec l'eau pure, il s'y gonfle généralement, se délaye dans 25 à 30 fois son poids de ce liquide, mais sans jamais s'y dissoudre complétement. Dans les cas les plus favorables, il reste toujours 30 pour 100 de la matière primitive sur le filtre.

Les recherches de M. Persoz ont démontré dans ce vert la présence d'un principe bleu, la *cyanine*, et un principe jaune que nous reconnaîtrons ailleurs. Le mélange de ces deux nuances constitue le *lo-kao*.

Les solutions aqueuses concentrées se conservent très-bien; mais, étendues d'eau, elles ne tardent pas à se troubler; par ce moyen, on les purifie d'une grande partie des substances étrangères auxquelles est mélangée la matière colorante utile. Les carbonates, phosphates et borates alcalins se comportent exactement comme l'eau pure. Une solution aqueuse de lo-kao peut subir quelquefois en vases clos une espèce de fermentation; elle se trouble et forme un dépôt d'abord violacé, puis rouge sanguin, très-soluble dans l'acétate de chaux.

Les acides faibles, non oxydants et non réducteurs, et surtout l'acide acétique, facilitent la dissolution du lo-kao. Mais s'ils sont énergiques, si leur contact est prolongé, et surtout si l'on porte la liqueur à l'ébullition, ils peuvent altérer profondément la matière colorante. Avec l'acide chlorhydrique, le lo-kao se coagule, et la partie caillée délayée dans l'eau forme un précipité gris de fer foncé.

Ce précipité, saturé par l'ammoniaque, ne régénère plus du vert, mais du bleu.

Traité par le sulfhydrate d'ammoniaque, il développe une belle couleur pourpre, et, par le protochlorure d'étain, un rouge saumon; il se dissout complétement dans une eau de savon bouillante, en affectant une couleur verte, que le sulfhydrate d'ammoniaque change en une belle teinte pourprée; le chlorure d'étain employé en proportion convenable précipite une laque d'un rose intense.

Les acides réducteurs, les uns à froid, les autres à chaud, réduisent la solution du lo-kao et y déterminent la formation d'un précipité pourpre violacé.

L'hydrogène sulfuré ne réduit le lo-kao que passagèrement, en donnant à sa solution une couleur particulière et rouge de sang foncé facilement altérable. Une étude particulière de cette combinaison aurait de l'intérêt; elle se décompose à l'air; l'hydrogène se brûle, le soufre se dépose et la liqueur finit par reprendre sa couleur verte primitive.

Les acides oxydants comme l'acide nitrique, l'acide chlorique, l'acide chromique, détruisent le lo-kao; par une oxydation ménagée, on peut obtenir une couleur rose tendre.

Les alcalis caustiques favorisent au premier abord la dissolution du lo-kao; mais, par un contact prolongé ou par l'ébullition, ils détruisent la couleur, qui passe subitement au brun, en formant une nouvelle matière colorante qu'on ne peut plus ramener au vert, mais qui se fixe parfaitement sur calicot, surtout avec le concours de l'alumine et de l'oxyde d'étain.

Les sulfures alcalins fixes agissent de la même manière; mais le sulfhydrate d'ammoniaque réduit et dissout le vert de Chine sans le détruire. En imprégnant du coton de cette solution et l'exposant à l'air, le lo-kao se réoxyde et se fixe sur la toile. Le lo-kao gonflé par l'eau se dissout à chaud, en très-forte proportion, dans une solution de phosphate et de borate alcalins; les bains colorés, ainsi formés, teignent directement en vert les tissus de coton.

L'ammoniaque liquide, le carbonate d'ammoniaque, les acétates alcalins sont également d'excellents dissolvants, mais le meilleur est le savon.

Si l'on délaye du lo-kao gonflé dans un bain chaud, tenant en solution 5 à 6 millièmes de savon blanc et qu'on y plonge du calicot blanc, on le retire teint en un vert d'eau des plus purs. Ces caractères établissent de grandes différences entre cette matière et l'indigo, dont on était tenté de le rapprocher à d'autres égards.

Les chlorures de zinc et de magnésie font virer la teinte verdâtre du lo-kao au bleu pur. Le chlorure d'étain, tout en dissolvant le vert de Chine, fait passer la couleur au rouge sanguin. Cette dissolution, qu'on peut employer avec succès à la teinture de la soie, n'a besoin que d'être saturée par une base puissante ou par un acétate alcalin, pour que, après une exposition à l'air, le vert se trouve régénéré.

Le perchlorure d'étain agit à la manière des acides. Le lo-kao forme des laques à base d'alumine, d'étain et de chaux, dont on peut tirer parti pour l'impression des tissus.

La principale application du lo-kao est la teinture des soies pures. Elle est due à la beauté et à l'intensité extraordinaires que cette couleur acquiert à la lumière artificielle. Ce magnifique éclat à la lumière, que les uns attribuent à l'homogénéité de la couleur, les autres à la pureté de nuance du bleu et du jaune qui forment ce vert, donne au lo-kao une incontestable supériorité

sur toutes les autres teintures vertes connues et lui a valu le nom de *vert de lumière*.

Nous donnerons plus loin la méthode qu'on suit pour opérer la teinture qu'il serait logique de re garder comme une teinture mécanique.

30. Quercitron (*quercitrine*).

Le quercitron est fourni par une espèce de chêne *quercus nigra*: c'est l'écorce qui produit la matière tinctoriale.

Une décoction de quercitron faite par une ébullition d'un quart d'heure, avec une partie de quercitron et cinq parties d'eau, se trouble et dépose une matière cristalline que M. Chevreul a nommée *quercitrin*. D'après M. Rochleder, les fleurs et les fruits du marronnier d'Inde contiennent le même principe. Les cotylédons coupés en morceaux minces et recouverts d'alcool à 36 degrés, dans un vase fermé, pendant 8 ou 10 jours, donnent une dissolution jaune d'or qui contient de la quercitrine.

Pour l'extraire des fleurs de marronnier, M. Rochleder traite les pétales avec de l'alcool bouillant; il filtre; il se sépare, par refroidissement, des cristaux jaunes qu'il purifie par une nouvelle filtration. Il distille au bain-marie pour recueillir l'alcool; il ajoute de l'eau sur le résidu qui se sépare en deux couches; la plus dense renferme des résines, la plus légère contient la quercitrine. Cette solution rougeâtre donne, avec l'acétate neutre de plomb, un précipité jaune soluble en partie dans l'acide acétique; le résidu insoluble est de la résine. La solution acide est précipitée par l'acétate basique de plomb. Ce précipité contient beaucoup de quercitrine. 84 kilos de fleurs ont donné 30 grammes de quercitrine pure.

M. Rochleder reconnaît cependant que le meilleur procédé pour préparer la quercitrine consiste à l'extraire du quercitron. Il faut, pour obtenir d'assez grandes quantités de cette matière, faire bouillir l'écorce avec de l'eau; on filtre en exprimant la masse dans une toile. La décoction est abandonnée au refroidissement et l'écorce épuisée de nouveau par une même quantité d'eau bouillante. La première dissolution dépose de la quercitrine impure, la seconde en renferme beaucoup moins, on recueille sur un filtre en toile et on laisse égoutter; en ajoutant de l'acide chlorhydrique à la liqueur filtrée, il se précipite des flocons jaunes volumineux qu'on sépare par filtration; on fait chauffer au bain-marie tant que la liqueur dépose de la quercitrine, on filtre. Pour purifier les divers dépôts successivement obtenus, on triture au bain-marie avec de l'alcool et on filtre; la plupart des impuretés sont enlevées par l'alcool; on fait dissoudre dans l'alcool bouillant, on filtre à chaud, et on précipite la matière colorante par l'eau bouillante qu'on verse aussi longtemps qu'il se fait de trouble dans la liqueur. Après le refroidissement, la plus grande partie de la matière colorante s'est précipitée, on la recueille sur un filtre en toile et on la purifie par un nouveau traitement.

Quercitrine.—La quercitrine cristallise sous forme de petites écailles d'un jaune assez pâle. Il est facile de constater sa réaction acide au moyen du papier de curcuma rougi par la chaux; peu soluble dans l'alcool, dans l'éther, dans l'eau, la solution est d'un jaune pâle; elle ne précipite pas la colle de poisson.

Les dissolutions aqueuses de potasse et d'ammoniaque la font passer au jaune-vert plutôt qu'au jaune-orangé. L'eau de baryte en précipite peu à peu des flocons d'un jaune roux. Une dissolution d'alun y développe graduellement une belle couleur jaune. Mais la réaction est très-lente; les acétates de plomb et le cuivre forment une laque d'un beau jaune; le protochlorure d'étain se comporte de la même manière; le sulfate de peroxyde de fer la fait passer au vert olive; il se produit un précipité qui n'est bien déposé qu'au bout de plusieurs heures.

L'acide sulfurique dissout la quercitrine; la solution d'un orangé verdâtre se trouble par l'eau. L'acide nitrique fait passer la couleur à l'orangé-rouge.

Une dissolution de quercitrine dans l'eau donne à la laine, préparée par l'alun, une couleur jaune un peu plus pâle et plus verdâtre que celle qu'on obtient avec le morin. Elle se comporte de même avec la soie. Mais cette dernière, préparée par un sel de peroxyde de fer, reçoit un gris olive moins foncé que celui qu'on prépare avec le morin.

La quercitrine est le principe actif des décoctions de quercitron. Cette décoction préparée par l'ébullition de 10 parties d'eau et d'une partie de quercitron, pendant un quart d'heure, est d'un rouge orangé brun, elle ne se trouble pas par le refroidissement. Elle a l'odeur de l'écorce de chêne, sa saveur est astringente; elle précipite la colle de poisson. Elle contient, d'après M. Chevreul, des chlorures, des sulfates, de la chaux.

Les dissolutions alcalines de potasse, de soude, d'ammoniaque, de chaux, de baryte, de strontiane, en foncent la couleur. Ces trois dernières précipitent, en outre, des flocons d'un jaune roux. La décoction du bois jaune ne précipite pas. Le protochlorure d'étain y fait naître un dépôt roussâtre; l'alun ne la trouble que faiblement; l'acétate de plomb la précipite en flocons épais d'un jaune roux; l'acétate de cuivre la précipite en flocons fins d'un jaune foncé tirant sur le verdâtre. Le sulfate de peroxyde de fer colore la liqueur en vert vif; il se précipite, à la longue, des flocons d'un vert olive.

L'acide sulfurique concentré précipite des flocons roux solubles dans un excès d'acide; si l'acide est étendu, il affaiblit la couleur et précipite également des flocons. L'acide nitrique à 34 degrés se conduit de même, mais la liqueur acide qui redissout les flocons est d'un beau rouge brun.

31. Bois jaune (*morin blanc, morin jaune, moréine.*)

On rencontre parmi les bois de teinture une espèce particulière qu'on nomme *morus tinctoria*, et qui provient du Brésil et des Antilles. C'est le bois jaune; cette substance a été l'objet d'un travail très-important de M. Chevreul, qui a fait connaître la nature du principe utile contenu dans le bois jaune. Nous étudierons cette matière sous le nom de *morin*.

Lorsqu'on examine attentivement des bûches de bois jaune, on trouve quelquefois des parties jaunes et des parties distinctes d'un blanc rosé. Traitées par l'éther, ces matières abandonnent par cristallisation, la première une substance jaune cristalline, la seconde une substance cristallisée, presque incolore; celle-ci se trouve accompagnée d'un résidu rouge qui lui donnait sa nuance couleur de chair. En fractionnant les cristaux obtenus par l'évaporation de l'éther, les premiers qui se déposent sont jaunes et les seconds sont blancs; on leur enlève leur dernière teinte jaunâtre en les lavant à l'eau froide. Ils constituent le morin blanc, qu'on pourrait nommer *morine*.

Morine. — Ce nouveau produit possède une saveur douceâtre, astringente, amère, bien plus faible que celle du morin; il a moins d'action sur la colle de poisson; il devient d'un jaune plus foncé par les alcalis; la baryte ne le précipite pas; il précipite immédiatement par l'acétate de cuivre. Sa solution devient rouge-grenat par le protosulfate de fer; celle du morin jaune devient verdâtre.

L'acide sulfurique le fait passer au jaune roux; à la distillation, il donne de l'eau, des gaz et un liquide qui se condense en cristaux plus clairs que ceux fournis par le morin jaune.

S'il était prouvé que le morin jaune dérive du morin

blanc, il conviendrait d'appeler *moréine* le principe jaune qui paraît être l'élément utile dans la décoction de bois jaune.

Morin jaune (moréine).—Lorsqu'on fait concentrer et refroidir convenablement une infusion de bois jaune dans l'eau pure, on obtient une matière qui semble avoir cristallisé confusément; elle est jaune, mais elle peut présenter accidentellement des parties rougeâtres ou orangées.

Peu soluble dans l'eau, même bouillante, sa solution chaude dépose par refroidissement des flocons qui, recueillis sur un filtre, prennent un aspect cristallin. La dissolution refroidie est légèrement jaunâtre. Plus soluble dans l'alcool que dans l'éther ou dans l'eau, le morin cristallise de sa dissolution alcoolique sous forme de cristaux jaunes en aiguilles qui se disposent en mamelons.

La dissolution du morin dans l'eau trouble la colle de poisson; elle se colore en jaune très-pur au contact des alcalis, potasse, soude, ammoniaque, baryte, chaux, strontiane; elle passe au jaune verdâtre par une addition d'alun; le sulfate de peroxyde de fer la fait passer au vert-dragon, il y a précipitation; elle ne précipite pas immédiatement avec l'acétate de cuivre.

L'acide sulfurique concentré en avive la couleur; l'acide nitrique bouillant l'attaque et forme de l'acide oxalique. L'acide nitrique à 34 degrés fait passer sa couleur au rougeâtre et trouble sa dissolution. Sous l'influence de l'oxygène, le morin se transforme en une matière rouge.

Soumis à la distillation, le morin fond, se colore en rouge brun, abandonne de l'eau, puis un liquide qui se condense en cristallisant, sous forme d'aiguilles jaunâtres; elles paraissent être du morin inaltéré.

Nous avons dit que le morin était le principe utile du bois jaune. La décoction de ce bois, employée par le teinturier, faite avec une partie de bois pour 10 d'eau bouillante, est d'un rouge orangé vif, tant qu'elle est chaude; elle se trouble par le refroidissement en laissant déposer du morin pulvérulent. Abandonnée plus longtemps, elle laisse cristalliser une nouvelle quantité de morin. Cette décoction est inodore, d'une saveur amère, astringente; elle précipite la colle de poisson en flocons d'un jaune orangé; elle contient des sulfates et des chlorures, mais pas de chaux. Les dissolutions aqueuses de potasse, d'ammoniaque, de baryte, de strontiane et même de chaux, la font passer au rouge orangé brun verdâtre; le protochlorure d'étain y fait naître un précipité jaune; l'alun la précipite en jaune serin, l'acétate de plomb en jaune rouge, l'acétate de cuivre en jaune brun. Le sulfate de peroxyde de fer la colore en brun verdâtre et précipite des flocons vert olive.

Une dissolution aqueuse d'iode est sans action sur elle; mais une dissolution de chlore qu'on y mêle à volume égal la précipite légèrement en y développant une couleur rougeâtre, qu'un excès de chlore fait disparaître entièrement.

La décoction de bois jaune exposée sur le mercure au contact de l'oxygène passe au rouge. Par une épreuve comparative, faite dans les mêmes conditions, mais à l'abri du contact de l'air, cette décoction n'éprouve pas d'altérations.

De la laine et de la soie, préparées avec de l'alun, mises en contact dans des dissolutions saturées à 12 ou 16 degrés des différentes matières colorantes extraites du bois jaune, se colorent assez promptement. Le morin jaune donne un jaune un peu moins verdâtre que le morin blanc; le morin rouge donne une couleur orangée terne. La soie préparée par le sulfate de peroxyde de fer prend dans le morin jaune une couleur olive, dans le morin rouge une couleur plus foncée, dans le morin blanc une couleur marron clair.

32. Gaude *(lutéoline)*.

La gaude, qui se cultive toujours pour les besoins de la teinture, est très-répandue partout; elle fournit une belle couleur jaune qui existe principalement sur les sommités des tiges fleuries: elle se trouve dans le commerce sous la forme de bottes sèches. M. Chevreul a donné le nom de *lutéoline* au principe colorant que la plante renferme.

Lutéoline. — A l'état de pureté la lutéoline est une matière peu soluble dans l'eau, soluble dans l'alcool et dans l'éther; fusible, volatile, elle se sublime sous forme de belles aiguilles transparentes, légèrement jaunâtres. Ces observations sont dues à M. Chevreul.

Une dissolution aqueuse de potasse la colore en jaune très-riche qui passe au roux par l'absorption de l'oxygène de l'air. Les eaux de baryte, de strontiane, de chaux et d'ammoniaque se comportent de la même manière. L'acétate de plomb, l'acétate de cuivre, l'alun précipitent sa dissolution en jaune foncé. Les sels de peroxyde de fer la précipitent en jaune olivâtre. L'acide sulfurique très-pur y développe une magnifique couleur jaune, tirant plutôt sur le rouge que sur le vert; il se forme aussi des flocons roux. L'acide nitrique concentré la dissout; la solution d'un jaune orangé verdâtre précipite par l'eau. D'après M. Preisser, on obtient, au moyen de la dissolution de gaude, une liqueur d'un jaune clair qui précipite par refroidissement une abondance de cristaux jaunes pâles. Quand on fait bouillir ce liquide avec de l'acide chromique sirupeux, il se forme des paillettes d'un jaune d'or qui rappellent celles formées par l'iodure de plomb. Ces mêmes cristaux s'obtiennent encore par le contact prolongé de l'air. La matière jaune serait la *lutéoléine*. D'après M. Preisser, la lutéoline est une substance blanche, incolore, qu'on peut sublimer. Elle se comporte avec les acides comme M. Chevreul l'a décrit.

Une décoction de gaude contient une certaine quantité de tanin qui, s'altérant à l'air, masque les véritables caractères chimiques de la matière colorante. Cette décoction filtrée après le refroidissement présente l'aspect d'un liquide d'un jaune un peu roux. La potasse fait passer la couleur au jaune d'or un peu verdâtre. La baryte y fait naître un précipité floconneux d'un beau jaune. L'alun n'y fait qu'un léger précipité jaunâtre. Le protochlorure d'étain et l'acétate de plomb donnent des précipités jaunes assez abondants. Le précipité produit par l'acétate de cuivre tire sur le vert. Le chlore fait passer la nuance au roux, mais la couleur redevient jaune par un excès du réactif.

Les caractères chimiques de cette matière colorante permettent de la classer parmi celles qui jouissent d'une grande solidité.

33. Fustet *(fustine)*.

On cultive en Provence, pour les usages de la teinture, un arbrisseau qu'on nomme *fustet* et dont le nom botanique est *rhus cotinus;* il appartient à la famille des térébinthacées.

La décoction du fustet dans l'eau contient une matière particulière que M. Chevreul a séparée le premier et que nous nommerons *fustine*.

Fustine.—Pour l'obtenir à l'état de pureté, M. Preisser sépare le tanin de la décoction au moyen d'un peu de gélatine. Il évapore à peu près à siccité pour reprendre le résidu par l'éther. La solution colorée distillée donne un nouveau résidu qu'on reprend par l'eau; la liqueur est traitée par l'hydrate de plomb, qui forme une laque qu'on décompose par l'hydrogène sulfuré. On obtient enfin un liquide incolore qui laisse déposer de petits cristaux jaunâtres, faciles à purifier complétement par de nouveaux lavages à l'éther.

La fustine possède une saveur légèrement amère;

elle est soluble dans l'eau, dans l'alcool et dans l'éther; les solutions au contact de l'air se colorent assez rapidement, l'acide sulfurique la dissout en lui donnant une couleur jaune claire; l'acide azotique la colore plus rapidement avec l'application d'une légère chaleur.

La potasse, la soude et l'ammoniaque lui communiquent immédiatement une belle coloration rouge. L'acétate de plomb la précipite en blanc, mais le précipité jaunit peu à peu, le sulfate de peroxyde de fer le fait passer au vert olive.

34. Sarrasin (*rutine, ilixanthine*).

On avait signalé, dans ces dernières années, dans le sarrasin *(polygonum fagopyrum)*, une matière colorante bleue, semblable à l'indigo. Cherchant à vérifier cette assertion, M. Schunck n'a pu trouver la moindre trace de matière se transformant en indigo, mais il a constaté dans les feuilles la présence d'une matière jaune parfaitement cristallisée.

Rutine. — Pour préparer cette substance, on traite par l'eau bouillante les feuilles de la plante lorsqu'elles ont atteint leur développement complet; la décoction filtrée dépose par l'acétate de plomb les matières étrangères, tandis que la matière colorante reste en dissolution parce qu'on n'a pas mis assez de réactif pour la précipiter. On décompose par l'acide acétique qui dépose de longues aiguilles, qu'il faut redissoudre dans l'alcool; le liquide alcoolique laisse cristalliser la matière pure par une vaporisation ménagée.

La rutine est entièrement neutre; elle se décompose par la chaleur en produisant une huile empyreumatique; elle se dissout peu dans l'eau froide, plus facilement dans l'eau bouillante; l'alcool la dissout en quantité considérable. L'acide sulfurique la dissout également, l'eau la précipite de cette dissolution. A chaud, la réaction est accompagnée de l'altération du principe colorant, l'acide nitrique forme de l'acide oxalique. Le chlore la résinifie. Elle se dissout dans les liqueurs alcalines, les acides la précipitent de ces dissolutions; mais il doit y avoir altération au bout d'un certain temps, car les acides cessent de la précipiter après une exposition prolongée au contact de l'air.

La solution aqueuse de rutine donne avec les sels d'alumine un précipité floconneux jaune, avec le protosulfate de fer, il y a coloration verdâtre, qui fonce peu à peu, en même temps qu'il se fait un précipité pulvérulent vert foncé; le perchlorure de fer ne donne pas de dépôt, la liqueur prend une coloration d'un vert olive; l'acétate de plomb précipite en jaune orangé; l'acétate de cuivre forme un dépôt par l'ébullition; le précipité se redissout par refroidissement.

La rutine semble teindre le calicot, mais elle ne teint ni la laine ni la soie.

Cette matière colorante déjà signalée par M. Weist dans le *ruta graveolens* paraît identique à l'ilixanthine trouvée par M. Moldenhauer dans l'*ilex aquifolium*. Il y aurait intérêt à la comparer avec les matières colorantes jaunes extraites par M. Lepage, pharmacien de Gisors, de l'*epilobium velu* et de l'*ulmaire*, des *epilobium spicatum* et *montanum* et de l'onagre (*œnothera*), qui sont capables de teindre la laine.

35. Gardenia grandiflora (*crocetine, crocine*).

M. Rochleder appelle *crocine* une matière colorante jaune qu'il a retirée du *gardenia grandiflora*. Cette matière paraît identique au principe colorant que renferment le safran (*crocus sativus*) et quelques colchiques.

La dissolution aqueuse de crocine est décomposée par les acides chlorhydrique et sulfurique à chaud. Il se formerait aux dépens de cette matière un sucre, et la nouvelle substance que l'auteur appelle *crocétine*.

Crocétine. — Une étoffée, préparée par un sel d'étain et plongée dans un bain de crocétine, prend une teinte d'un vert jaune foncé, qui, sous l'influence de l'ammoniaque, passe au jaune d'or. M. Rochleder pense que les Chinois font usage de cette matière pour la teinture des étoffes jaunes destinées aux mandarins.

36. Graine de Perse, (*chrysorhamnine, xanthorhamnine*).

On trouve dans le commerce, sous le nom de graine de Perse, les fruits du rhamnus tinctoria, qui fournissent une très-belle couleur jaune. Leur aspect est souvent variable; tantôt ces baies sont grosses, pleines, et d'un brun olivâtre; tantôt elles sont petites, ridées, et d'un brun foncé. Elles sont exportées du Levant.

Les baies brunes et les baies jaunâtres ne contiennent pas le même principe colorant.

M. Kane a donné le nom de chrysorhamnine à la matière colorante d'un jaune d'or, et xanthorhamnine à celle d'une couleur fauve, qui se produit par l'altération de la première.

Chrysorhamnine. — Elle se prépare en faisant infuser dans l'éther les baies du rhamnus tinctoria. C'est une matière d'un aspect cristallin, qu'on peut obtenir en masses étoilées et brillantes, formées d'aiguilles courtes et soyeuses. A peine soluble dans l'eau froide, elle se change dans l'eau bouillante en xanthorhamnine elle se dissout peu dans l'alcool, qui l'altère quelque peu. Les dissolutions alcalines se comportent de même. Lorsqu'on ajoute à la dissolution de cette matière dans l'alcool de l'acétate de plomb, on obtient une magnifique laque d'un jaune superbe.

Xanthorhamnine. — La chrysorhamnine mise en ébullition dans l'eau, surtout au contact de l'air, ne se précipite plus sous forme cristalline par le refroidissement; elle reste dissoute en produisant un liquide jaune olivâtre. La liqueur évaporée jusqu'à siccité laisse une masse brune tout à fait insoluble dans l'éther, mais qui se dissout dans l'alcool et dans l'eau, qui est son meilleur dissolvant. Elle dérive de la chrysorhamnine par la fixation d'un équivalent d'eau et de deux équivalents d'oxygène.

M. Phipson a trouvé dans l'écorce et le tissu médullaire du *nerprun bourgène* et du *nerprun purgatif* une matière colorante jaune, qu'il désigne sous le nom de rhamnoxanthine, et qui pourrait bien n'être que la chrysorhamnine étudiée par M. Kane dans la graine de Perse.

Rhamnoxanthine. — Pour l'extraire, on fait digérer les branches de nerprun pendant environ quatre jours avec du sulfure de carbone; on laisse évaporer à la température ordinaire, puis on reprend le résidu par l'alcool qui dissout la matière colorante. On fait évaporer l'alcool, on reprend par l'éther et l'on obtient de petits cristaux jaune d'or, violacés, insolubles dans l'eau pure, dans l'eau acidulée, dans l'eau salée, mais qui sont solubles dans les alcalis, l'éther, l'alcool, le sulfure de carbone. La rhamnoxanthine donne une solution pourpre avec les alcalis et les carbonates alcalins; les acides les détruisent, et la coloration jaune apparaît de nouveau.

L'acide sulfurique concentré fait passer la rhamnoxanthine du jaune au *vert-émeraude*; pour conserver cette couleur, il faut enlever l'acide rapidement, car le vert passe au pourpre, puis au rouge, puis enfin au jaune. Le vert qui prend naissance dans ces circonstances résiste aux acides étendus tout aussi bien qu'aux alcalis faibles; il diffère de la chlorophylle et se rapproche, par ses propriétés, du vert de Chine que nous avons étudié plus haut.

La rhamnoxanthine forme avec les différents oxydes des laques rouges, brunes, jaunes. Elle forme une belle

laque violette, si, après l'avoir dissoute par l'ammoniaque, on la sature par l'acide nitrique, et qu'on l'additionne de magnésie.

Elle se combine directement à la laine et à la soie, qu'elle peut teindre sans intermédiaire en brun, rouge ou jaune; elle a beaucoup moins d'affinité pour les fibres végétales.

37. CURCUMA (*curcumine*).

Le curcuma, connu dans le commerce, est une racine tuberculeuse, allongée, ridée; d'un jaune pâle extérieurement, d'une chair plus brune à l'intérieur. Elle possède une odeur particulière, une saveur amère, et un arrière-goût épicé. Elle est employée dans la teinture des soies et provient du *curcuma rotunda*.

Lorsqu'on traite, par l'eau chaude, la racine réduite en poudre, on n'enlève pas toute la matière colorante; il faut laver d'abord avec l'alcool froid qui sépare la majeure partie des matières résineuses, puis on traite par l'alcool bouillant. On évapore le liquide et le résidu repris par l'éther abandonne tout le principe colorant, c'est-à-dire la *curcumine*.

Curcumine. — Après dessiccation, la curcumine ressemble beaucoup aux résines; fusible à 40 degrés, elle se dissout dans les huiles et dans les graisses, peu dans l'eau froide, davantage dans l'eau bouillante. Pour l'obtenir à l'état de pureté complète il faut reprendre par l'alcool le résidu laissé par l'évaporation de l'éther et traiter la dissolution par une dissolution alcoolique d'acétate de plomb. Il se forme immédiatement un précipité rouge qu'on lave, qu'on dessèche et qu'on délaye dans de l'eau pour le décomposer par de l'hydrogène sulfuré tant qu'il reste de l'oxyde de plomb non précipité sous forme de sulfure. On lave la poudre, on la dessèche et on la traite à l'état sec par l'éther, qui dissout la curcumine en laissant le sulfure de plomb.

La curcumine est très-peu soluble dans le sulfure de carbone. M. Lepage en a profité pour débarrasser le curcuma de son huile volatile et d'une partie de ses principes résineux en le traitant à deux reprises par ce dissolvant; il le sèche ensuite et l'épuise par l'eau alcaline; l'addition d'un acide en précipite la curcumine, mais il est indispensable pour la purifier de la dissoudre encore dans de l'éther rectifié.

En évaporant lentement l'éther, ou mieux en l'exposant à l'évaporation spontanée, la curcumine se dépose en petites lames minces inodores, d'un brun cannelle; quand on la réduit en poudre, elle donne une belle couleur jaune; elle fond sous l'influence de la chaleur, s'agglutine et brûle avec beaucoup de fumée. Sous l'influence de la chaleur, elle se décolore.

Les acides étendus ne la dissolvent pas; mais les acides concentrés la dissolvent sans l'altérer; lorsqu'on verse de l'acide sulfurique sur la curcumine en poudre, il se forme un liquide rouge cramoisi que l'eau décompose, il se forme des flocons d'un jaune verdâtre qui sont de la curcumine sans altération. Les acides chlorhydrique et phosphorique se comportent de même. L'acide acétique la dissout sans modifier la couleur primitive. L'acide azotique étendu de son volume d'eau n'altère pas à froid la curcumine qui se détruit avec dégagement de gaz si l'on fait intervenir la chaleur; il y a formation d'une résine et d'une substance soluble jaune qui reste dissoute. La résine est une belle couleur jaune, la substance soluble est cristallisable.

La solution de curcuma sert à préparer le papier de curcuma; ce réactif devient brun par les alcalis comme par les acides. Lorsqu'on fait une réaction acide on dissout la curcumine qui forme une dissolution brune. Lorsqu'on produit une réaction alcaline, il y a combinaison de la curcumine avec l'alcali pour former une liqueur brune; il y a toutefois cette différence entre les deux épreuves que l'eau détruit immédiatement la couleur produite par les acides, tandis que cet effet n'a pas lieu lorsqu'on a mis le papier en contact avec un alcali. Lorsqu'un acide faible rend au papier de curcuma sa nuance jaune primitive, c'est que l'acide se combine avec l'alcali, détruisant ainsi la cause de la coloration.

38. ROCOU (*bixine, bixéine*).

Le rocou n'est autre chose que la chair rougeâtre des fruits du *bixa orellana*. Cette matière vient en majeure partie de l'Amérique espagnole, des Indes orientales et du Brésil. C'est une pâte molle, d'un rouge vif, qui répand l'odeur de la violette; on peut la considérer comme formée par la réunion de plusieurs matières. J'y ai soupçonné pendant longtemps l'existence d'au moins deux principes colorés, l'un jaune et l'autre rouge, causes de la nuance orange que le rocou possède, surtout sur les points qui ont eu le contact de l'air. J'ai vu, dans le laboratoire de M. Jacquelain, trois substances différentes, extraites d'un rocou qui venait d'Espagne.

L'eau bouillante dissout complétement le rocou, mais la décoction est trouble, rougeâtre, d'une odeur et d'une saveur désagréables; en dissolution, elle ne fermente qu'au bout d'un temps assez long; les alcalis y forment un précipité blanc, et lui donnent une couleur orangée claire; les acides la font virer au rouge. L'alcool dissout aussi les matières colorantes du rocou; la liqueur est rouge. Les dissolutions alcalines dissolvent la matière jaune, les acides la précipitent sous forme de flocons orange, le sulfate de fer et l'alun agissent de même; le sulfate de cuivre donne un précipité jaune brun, le protochlorure d'étain un dépôt jaune citron.

Le rocou, d'après M. Preïser, contient une matière jaune, capable de s'altérer et de se transformer en une substance rougeâtre; il nomme la première *bixine* et la seconde *bixéine*.

Bixine. — Pour préparer cette matière, on traite la solution aqueuse du rocou par l'hydrate de plomb, qui forme une laque; l'hydrogène sulfuré décompose cette laque, et les liqueurs filtrées rapidement et concentrées donnent de petits cristaux blancs, aiguillés, qui sont la bixine. Elle possède une saveur amère, désagréable. Elle se colore petit à petit au contact de l'air, mais avec assez de lenteur. Elle n'a qu'une couleur très-faible; sous l'eau, sa blancheur persiste; elle est volatile, soluble dans l'eau, dans l'alcool, dans l'éther; elle se dissout encore dans l'acide sulfurique, qui forme un liquide jaune; le rocou brut prend avec l'acide sulfurique une couleur bleue particulière, qui n'appartient donc pas à la bixine pure. L'acide azotique la jaunit, l'acide chromique, qui n'agit qu'avec lenteur, lui communique une coloration jaune orangé.

Bixéine. — C'est sous l'influence simultanée de l'air et de l'ammoniaque que le rocou se colore en rouge; le produit de cette transformation a reçu le nom de bixéine; ce corps ne cristallise pas, il affecte la forme d'une poudre rouge, qui se colore en bleu sous l'influence de l'acide sulfurique, et qui se combine encore avec l'oxyde de plomb et les alcalis.

La couleur du rocou se fixe sans préparation sur la laine, la soie, le lin, le coton; elle manque de résistance à l'air, mais elle résiste assez à l'action des savons et des acides. Elle résiste mieux à l'action du chlore que le rouge de garance. On l'emploie surtout pour la teinture de la soie. Nous reviendrons plus loin sur les conditions pratiques dans lesquelles l'opération réussit.

39. ACIDE PICRIQUE (*acide carbazotique*).

M. Guinon, teinturier à Lyon, a fait connaître, en 1847, l'emploi de l'acide picrique pour teindre en jaune solide et brillant la soie qu'il n'altère pas. Depuis, on a fait une grande consommation de cette matière pour

TEINTURE.

la teinture des laines en couleurs unies, de nuances vertes composées, d'une extrême richesse et de la plus grande variété. J'extrais d'une notice publiée par M. Guinon, dans les *Annales de la société nationale d'agriculture, d'histoire naturelle et des arts utiles de Lyon*, 1849, les détails qui suivent :

La teinture en jaune par l'acide picrique est tout à la fois remarquable par l'éclat et la solidité de la couleur qu'on en obtient, et par une application simple et facile.

L'acide azotique donne naissance, on le sait, par son contact avec les matières organiques, à des composés très-variés; entre autres produits très-stables, il forme avec plusieurs composés de nature organisée l'acide picrique, qui, découvert en 1788 par Hausmann, retrouvé plus tard parmi les produits de l'oxydation de l'indigo, de la salicine, de l'aloès et des huiles de houille, n'avait encore reçu jusqu'à ce jour aucune application industrielle; on s'était contenté d'indiquer parmi ses propriétés saillantes celle de tacher la peau en une couleur jaune brillante et solide. Le travail de Laurent sur l'huile de houille a donné le moyen de préparer l'acide picrique très-économiquement.

M. Guinon opère de la manière suivante :

Dans une capsule, ou terrine de grès, dont la capacité doit être au moins triple du volume des matières employées, on met d'abord trois parties d'acide azotique du commerce à 36 degrés, dont on élève la température à 60 degrés centigrades. On retire la capsule du feu, puis au moyen d'un tube de verre effilé à son extrémité inférieure, que l'on fait plonger dans l'acide, on verse peu à peu une partie d'huile de houille, dont le point d'ébullition est compris entre 160 et 190 degrés centigrades. Chaque addition d'essence qui traverse l'acide chaud produit immédiatement une vive réaction, de laquelle résultent échauffement de la masse et dégagement tumultueux d'acide carbonique et de bioxyde d'azote. Si le liquide menace de s'extravaser, on cesse de verser de l'huile et on tempère l'action par l'addition d'un peu d'acide froid. Lorsque toute l'huile qu'on a dessein de transformer est employée, la majeure partie se trouve déjà convertie en acide picrique. Mais il en reste encore beaucoup dans un état intermédiaire, sous forme d'une matière résineuse rougeâtre; pour compléter, autant que possible, la transformation, on ajoute trois nouvelles portions d'acide azotique, on porte le tout à l'ébullition et l'on évapore jusqu'à consistance sirupeuse, en ayant soin de ne pas laisser la matière se dessécher; sans cette précaution, la masse s'enflammerait.

On peut encore préparer à froid l'acide picrique en mélangeant simplement deux parties d'acide azotique avec une partie d'huile de houille. Il se produit de la chaleur, des gaz et de l'acide picrique; mais l'effervescence est moins vive que dans le premier cas; il se produit peu de vapeurs nitreuses, et l'on obtient une matière résineuse gluante qu'on doit traiter à chaud par l'acide azotique et faire évaporer comme précédemment.

Le liquide sirupeux se prend, dans les deux cas, par refroidissement, en une masse pâteuse, jaunâtre, dont le poids est d'environ le sixième des matières employées. Il se compose d'acide picrique, d'un peu de matière résineuse et d'acide azotique; on sépare l'acide picrique en faisant bouillir la masse dans l'eau, qui le dissout et l'abandonne ensuite par refroidissement sous forme de cristaux. Deux ou trois cristallisations le donnent à peu près pur. Mais, pour arriver à la pureté chimique, il faut le combiner à l'ammoniaque et le précipiter ensuite par un acide, puis le faire cristalliser de nouveau. Il constitue, dans cet état, une masse de cristaux transparents, d'un jaune citron clair.

Je dois à l'obligeance de M. Guinon jeune, de Lyon, le dessin de la disposition ci-contre (fig. 3727), à l'aide de laquelle on éloigne toute chance de danger. L'opération est régulière, tranquille; elle conduit à des produits remarquables. Cette disposition peut être adoptée dans beaucoup de cas analogues où les réactions sont tumultueuses et violentes.

Sur un fourneau A on a réservé huit bains de sable B, formés par une cuvette métallique qu'on peut chauffer à volonté par un foyer commun. Chaque bain de sable reçoit un ballon de verre C dans lequel, au moyen d'un large tube D, on fait affluer sur l'acide nitrique l'huile de houille ou l'acide phénique, qui s'écoule par un entonnoir E d'un récipient en bois F, qui contient la quantité nécessaire à l'opération; l'instillation se fait goutte à goutte. Les produits de la réaction qui se fait à froid s'échappent et se condensent dans un réservoir commun en grés G, maintenu par un support en métal H. Quand la réaction se trouve terminée à froid, on chauffe pour transformer la résine. Le résidu de l'opération est vidé dans les cruches K qui servent de cristallisoirs : le collet L des mêmes tourilles sert d'entonnoir; pour égoutter les cristaux, on met dans le fond du collet renversé quelques fragments de tuiles en terre très-cuite qui font l'office d'amiante et retiennent les cristaux en séparant un liquide très-acide qu'on fait rentrer dans les opérations subséquentes. On comprend qu'on peut avoir autant de fourneaux qu'on le désire. On réunit dans une cheminée commune tous les tubes de dégagement qui s'échappent des condenseurs G.

Il n'est pas nécessaire, pour les besoins de la teinture, de purifier complétement l'acide picrique, on se borne à laver à l'eau froide la masse pâteuse, pour enlever l'acide azotique en excès, puis on redissout dans l'eau bouillante, à laquelle on ajoute 100 grammes d'acide sulfurique pour 100 litres d'eau, pour séparer la matière résineuse qui reste avec l'acide picrique. La présence de cette matière donnerait à la soie une odeur désagréable, et ternirait la couleur en lui laissant une nuance rougeâtre. On obtient de la sorte une liqueur snffisamment pure, qui, étendue d'une quantité d'eau en rapport avec la nuance qu'on veut produire, peut être immédiatement employée comme bain de teinture.

En comparant la teinture en jaune par l'acide picrique avec les mêmes nuances obtenues par d'autres principes, M. Guinon prouve que l'acide picrique doit être préférable à la gaude, au bois jaune, au quercitron, à la graine de Perse, au curcuma, au fustet et au rocou. Ses convictions sont basées sur les motifs suivants :

1° La gaude donne une couleur riche qui résiste à l'eau et au soleil; mais elle est altérée par les acides; on ne peut la combiner aux matières textiles sans le secours de l'alun, et ce n'est que par des manipulations assez longues qu'on parvient à lui donner sur soie tout l'éclat qu'elle peut offrir. Les boutons et la fleur du *saphora japonica*, dont les Chinois se servent pour leurs teintures jaunes, ont les mêmes défauts que la gaude, elles portent de plus une nuance un peu plus orangée.

2° Le bois jaune et le quercitron présentent les mêmes inconvénients; ils ne fournissent pas d'ailleurs des nuances assez pures. On a dû les abandonner pour les couleurs jaunes, et s'ils servent encore, c'est pour la préparation des verts et de plusieurs couleurs composées. On peut en dire autant de la graine de Perse, qui, d'ailleurs, est d'un prix élevé.

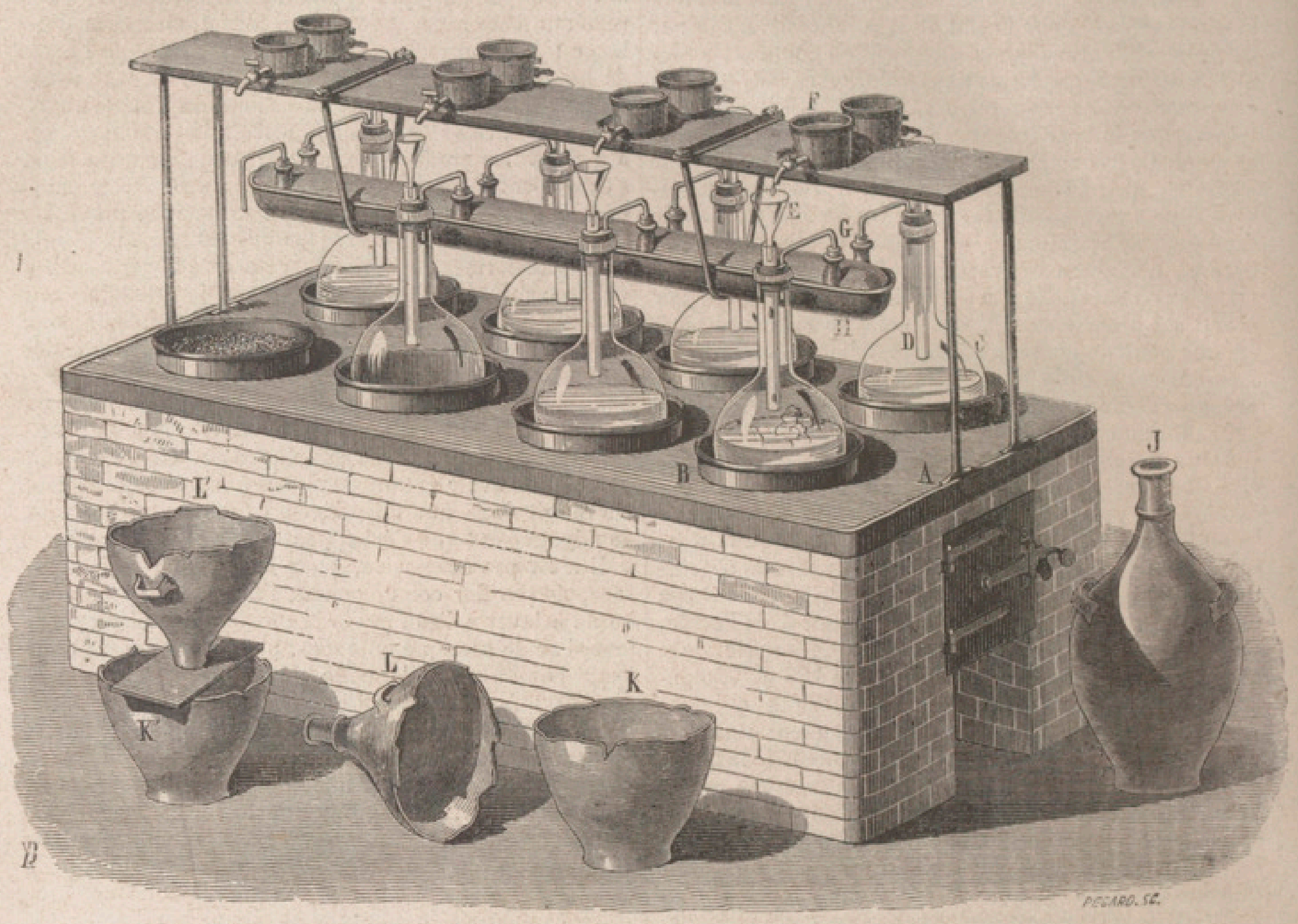
3° La couleur que l'on obtient par le curcuma ne présente aucune solidité; la lumière directe du soleil la détruit en quelques instants; on est donc forcé de se priver de cette couleur pure et brillante.

4° Quant au fustet, quant au rocou, ces matières ne sauraient produire de jaunes clairs; ils ne peuvent encore donner que des nuances tirant à l'orangé.

La teinture à l'acide picrique réunit les avantages suivants, qui ont été reconnus par la plupart des teinturiers.

1° Prix peu élevé. Cette assertion pourrait paraître douteuse, si l'on se bornait à considérer le prix même de l'acide picrique à l'état solide, surtout il y a quelques années; mais on doit tenir compte du prix actuel

Nous terminerons cet article en rappelant les diverses circonstances dans lesquelles l'acide picrique prend naissance. Cet acide, qui, précisément par cette cause, a reçu les noms d'*amer de Welter*, d'*acide nitropicrique*,



3727.

et prendre en considération la puissance colorante de cette matière, dont un gramme suffit pour teindre un kilogramme de soie de couleur paille, nuance moyenne.

2° Emploi simple et prompt, sans intermédiaire.

3° Beauté comparable à celle du curcuma; résistance à l'action de l'air, à l'influence destructive de la lumière solaire.

M. Guinon termine en faisant ressortir cet avantage que l'acide picrique s'applique à la teinture des soies couples en produisant des nuances paille ou maïs que le curcuma seul fournissait auparavant, mais avec une solidité que le curcuma ne peut donner. De plus, cette teinture communique le toucher craquant à toutes les soies cuites et souples, condition recherchée pour le brillant et la qualité des étoffes.

Toutefois, l'acide picrique ne peut être employé que pour la teinture en jaune clair ou moyen, jusqu'à la nuance soufre ou citron clair, ou même encore jusqu'à la nuance maïs, avec addition de rocou; mais cette circonstance ne saurait enlever à ce nouveau procédé l'importance qu'il tire des avantages qui précèdent, car, à présent au moins, les nuances jaune clair, pâle et nankin sont demandées en proportion beaucoup plus considérable que les jaune vif, jonquille ou bouton d'or. Enfin il serait nuisible d'ajouter une trop grande quantité d'acide picrique au rocou et aux autres principes qui pourraient être altérés par oxydation. Cet inconvénient n'est assurément pas à redouter pour les nuances claires et moyennes.

d'*acide nitrophénisique*, d'*acide trinitrophénique*, d'*acide carbazotique*, d'*acide chrysolépique*, pourra, dans la suite, être obtenu par d'autres méthodes très-économiques; l'industrie ne l'a préparé jusqu'à ce jour qu'au moyen de l'huile de houille; il nous semble intéressant de faire connaître les principes organiques qui, jusqu'ici, l'ont fourni parmi les produits de leur oxydation.

On le prépare en faisant bouillir l'indigo bleu avec 10 ou 12 parties d'acide nitrique à 1,43 de densité, jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de vapeurs rouges. Par le refroidissement du mélange, l'acide carbazotique se dépose à l'état d'un magma souillé d'impuretés. Pour le purifier, on le dissout dans la potasse caustique, puis on le précipite par l'acide nitrique. L'acide qu'on obtient à l'aide de la salicine est d'une grande pureté, il ne nécessite pas d'autre purification. Enfin M. Schunck l'a rencontré dans les eaux mères provenant de l'action de l'acide azotique sur l'aloès.

D'autres matières organiques, plus ou moins répandues, la laine, la soie, la coumarine en fournissent. On pourrait le préparer encore dans de bonnes conditions d'économie, en prenant, non plus les huiles de Laurent bouillant entre 160 et 190 degrés, mais, d'après les observations de M. Bobeuf, en traitant de préférence les huiles lourdes qu'on agite avec de la soude pour former un liquide aqueux qui se prépare des huiles non saponifiables; on le décompose par l'acide chlorhydrique. Les huiles séparées par ce nouveau traitement sont em-

ployés, comme il est dit plus haut, d'après la note de M. Guimon. (Lyon, 27 avril 1849.)

40. Sambucus ebulus.

Nous avons dit qu'on faisait usage actuellement en teinture des fleurs de mauve noire. On pourra se servir également et au même titre du bain de sambucus pour obteuir une teinture en noir. A cet effet, on écrase les fruits, on les place pendant deux ou trois jours dans un vase de terre, puis on exprime la masse, et le liquide filtré devient tellement foncé qu'il faut l'étendre de 200 parties d'eau pour l'amener à la nuance du rouge vineux; 1200 parties d'eau conservent encore une nuance violette; le suc évaporé laisse 10 p. 100 de résidu soluble dans l'alcool, insoluble dans l'éther. Avec les sels de fer, il se forme un précipité noir qu'on peut employer en teinture.

§ IX. De la teinture proprement dite

considérée dans ses résultats généraux.

L'art de la teinture, c'est-à-dire la science d'appliquer sur les étoffes les couleurs variées que la nature nous fournit ou que l'art nous enseigne à créer, fut trop longtemps soumis aux règles de la routine : notre époque féconde en grandes découvertes aura certainement le mérite d'avoir fait de cette industrie ce qu'elle est aujourd'hui; mais si la chimie a, dans ces progrès, une part considérable, il est incontestable que les arts mécaniques ont eu de leur côté, sur les développements pratiques de cet art, une influence des plus salutaires. Voici les termes mêmes dans lesquels M. Dumas, si bien placé pour juger la question, expose cette double action de la science à laquelle il réserve plus encore dans un avenir prochain.

« Née de tâtonnements empiriques, longtemps la teinture ne fut soumise qu'aux lois de la routine.

« Il appartient à notre époque de mettre à sa place cet art si utile, et de le porter au premier rang parmi nos belles industries chimiques; il faut, pour obtenir ce résultat, dissiper les nombreux préjugés qui environnent toute industrie marchant au hasard; la science moderne y parviendra peu à peu : elle transformera les recettes qui constituent toute la science du teinturier en règles certaines et invariables, fondées sur une connaissance scientifique des matières colorantes; elle tracera la marche des améliorations; elle écartera les difficultés qui surgissent dans la fabrication; elle ouvrira enfin un nouveau champ aux recherches pour la production des couleurs solides et brillantes.

« C'est principalement à la chimie que la teinture sera redevable de tous ces progrès; et déjà, si on jette un regard en arrière de quelques années, on ne peut s'empêcher d'admirer ce qu'elle doit sous ce rapport à cette science. Le blanchiment des étoffes, l'application nouvelle de couleurs solides et brillantes, le moyen de les varier à l'infini, tout porte l'empreinte profonde de l'influence de la chimie. La mécanique est venue aussi apporter à l'art de la teinture son concours indispensable dans toute industrie de premier rang : c'est à elle que l'on doit ces machines si parfaites qui ont simplifié le travail et qui permettent d'obtenir, avec une grande économie, avec une précision et une rapidité merveilleuses, ces tissus si divers et si richement coloriés qui sont maintenant répandus dans les classes les plus pauvres de la société. »

Depuis quinze ans que ces lignes sont écrites, que de services réels l'art de la teinture en pleine prospérité n'a-t-il pas enregistrés!

Maintenant que nous connaissons, dans leur histoire et dans leurs propriétés, les matières colorantes dont on fait usage dans les ateliers, nous pouvons approfondir avec fruit les divers procédés à l'aide desquels on teint les différents tissus de nature animale ou végétale que

l'industrie livre au commerce. Nous croyons toutefois devoir présenter ici sous forme de résumé celles des matières tinctoriales qui sont plus spécialement employées à la teinture d'une matière textile donnée, qu'elle soit à l'état de fil, d'écheveau, de tissu.

Nous devons distinguer les couleurs, en tant qu'elles sont appliquées sur une fibre textile quelconque, en couleurs *simples, binaires, ternaires, quaternaires*, etc.

Les couleurs simples sont le bleu, le rouge, le jaune.

Les couleurs binaires sont le violet, l'orangé, le vert.

Les couleurs ternaires sont les tons qui précèdent, plus ou moins modifiés par des mélanges.

Le noir et les tons rabattus sont en général des nuances très-composées.

Nous avons déjà vu dans l'étude que nous avons faite des matières colorantes qu'elles ne se comportaient pas de la même manière avec les divers tissus, suivant qu'ils étaient d'origine animale ou d'origine végétale. L'industrie a dû faire son profit de ces observations, et comme la manière dont une matière colorée se comporte à la lumière sur une étoffe donnée n'est pas la même pour toutes, que sa résistance est variable avec la nature du tissu sur lequel on l'a placée, le teinturier doit connaître *a priori* les chances de résistance qu'auront ses produits dans les circonstances où le consommateur devra les placer. Cette nouvelle considération ajoute à la nécessité de choisir pour un tissu donné les matières colorantes qui lui sont applicables. Nous examinerons à ce point de vue celles qu'on emploie sur laine, sur soie, sur coton, pour teindre en rouge, en bleu, en jaune, en violet, en vert, en orange.

Couleurs simples *(rouge, bleu, jaune)*.

Teinture en rouge. — On se sert de garance, de murexide, de cochenille, de fuchsine, etc.

Laine. — Le rouge s'obtient sur *laine* avec la garance, le brésil, la cochenille, la lake-lake, la murexide; les plus belles nuances roses sont fournies par la fuchsine. Les préparations de garance et d'étain donnent des nuances belles, pleines, brillantes; l'écarlate ne s'obtient qu'avec les sels d'étain. Tantôt on passe dans le bain de teinture l'étoffe préalablement préparée par ce sel métallique, tantôt on prépare à l'alumine; on garance, puis on déplace l'alumine par double décomposition au moyen du sel d'étain.

Soie. — La soie est généralement teinte par le carthame, on emploie quelquefois la cochenille; aujourd'hui on fait un emploi considérable de fuchsine. Le bois de Brésil est une véritable ressource; on a fait usage de la murexide et de quelques nuances tirées de l'orseille solide. Ces nouveautés ne datent que d'une année. On ne connaît pas sur soie la véritable écarlate.

Coton. — On teint le coton en rouge par le carthame, la garance, la cochenille, le bois de Brésil. La cochenille et le carthame fournissent des couleurs très-riches mais malheureusement fugaces. Le rose de carthame n'a, jusqu'à ce jour, été remplacé par aucune autre coloration. On a cependant annoncé la production d'un rose magnifique tiré de l'huile de goudron. Nous avons déjà donné quelques renseignements positifs à ce sujet, digne de toute l'attention des teinturiers. Certainement la fuchsine s'appliquera d'une manière industrielle. Quelques heures d'exposition au soleil suffisent pour faire passer la couleur du carthame. On peut colorer les étoffes de coton avec le rouge produit par l'iodure de mercure.

Teinture en bleu. — Le bleu s'obtient sur tissu par l'application de l'indigo, du bleu de Prusse, et par

TEINTURE.

la laque bleue que forme la décoction de campêche avec l'oxyde de cuivre.

Laine. — L'indigo se fixe sur la laine au moyen des cuves ; on le fait dissoudre au moyen de la chaux, de la potasse ou de la soude à l'état d'indigo blanc; les laines trempées dans ces cuves absorbent une certaine quantité de cet indigo qui, sous l'influence de l'air de l'atmosphère, s'oxyde et passe, en vertu des réactions que nous connaissons, à l'état d'indigo bleu. La richesse de la nuance dépend de la quantité d'indigo fixé. La qualité du bleu dépend du soin avec lequel est faite l'immersion et de la régularité du contact de l'étoffe humide avec l'oxygène de l'atmosphère. La solidité de la couleur est assurée, puisque l'indigo n'est accompagné d'aucune substance capable à la longue de réagir sur lui.

On préfère presque toujours, pour teindre dans les nuances claires, employer l'indigo dissous dans l'acide sulfurique. Mais pour détruire l'effet de l'excès d'acide qui doit opérer la dissolution, on combine cette matière avec l'ammoniaque ou la soude, pour former des sulfindigotates de soude ou d'ammoniaque qui ont moins d'énergie destructive sur la laine, et qui teignent tout aussi bien après une préparation convenable au moyen de l'alun. On doit remarquer néanmoins que la teinte est riche, mais qu'elle laisse à désirer sous le rapport de la solidité Le sulfindigotate d'alumine ou l'acide sulfindigotique manque de stabilité.

La laine se teint encore en bleu par une immersion dans une décoction de bois de Campêche en présence du sulfate ou de l'acétate de cuivre. Ce bleu ne résiste pas ; on le nomme *bleu faux ;* mais il possède un certain éclat qui le rend très-utile.

Le bleu de Prusse s'applique encore sur laine ; il est connu sous le nom de *bleu de France*. On l'obtient, soit en déposant sur la laine l'oxyde de fer et faisant intervenir ensuite l'acide prussiano-ferrique jaune et l'acide prussiano-ferrique rouge, ou en faisant intervenir directement l'acide prussiano-ferrique jaune, dont on détermine la décomposition sur l'étoffe par l'intermédiaire de l'air qui le transforme en bleu de Prusse.

Quelle que soit la méthode préférée lorsqu'on fait usage des prussiates, ils ne peuvent être employés qu'à la condition d'être dépouillés de leur base par des acides ou des sels acides. Un grand inconvénient résulte pour l'obtention des nuances foncées de la nécessité de faire usage à cet effet dans l'impression, des acides tartrique et oxalique, c'est-à dire des acides les plus coûteux.

Ces considérations, et d'autres qui sont plutôt encore du ressort de l'art de l'indienneur, ont conduit la Société de Mulhouse à proposer un prix pour l'introduction dans le commerce des drogues propres à l'impression et à la teinture de l'acide prussiano ferrique, ou des prussiates de calcium et de baryum. L'inconvénient de la pratique actuelle est énorme puisqu'il force, pour faire emploi du prussiate qui varie de 3 à 4 fr. le kilogramme, à sacrifier au moins le même poids d'un acide qui vaut plus cher que lui.

Soie. — La soie se teint en bleu par le moyen du bleu de Prusse, en plongeant la soie préalablement préparée par le sel de fer dans une dissolution d'acide prussiano-ferrique jaune. Pour avoir un bleu solide, on a recours à l'indigo. Mais on n'arrive dans ce cas à des nuances foncées que par l'addition d'une teinture d'orseille ; on peut encore associer à la fois la cochenille, l'orseille, ou le bleu de Campêche, et l'indigo; mais comparées à celles que fournit le bleu de Prusse pur, ces nuances paraissent ternes et rabattues.

J'ai vu des soies teintes en un bleu magnifique extrait de l'aniline; les procédés sont encore secrets; ils conduiraient au plus beau bleu connu jusqu'alors.

Coton. — Le coton peut recevoir le même bleu que la laine ; seulement lorsqu'on veut fixer l'indigo bleu sur le coton, on se sert d'une cuve spéciale qu'on nomme *cuve au vitriol* et qui se monte avec de la chaux et du sulfate de protoxyde de fer.

TEINTURE EN JAUNE. — On se sert de gaude, de curcuma, de quercitron, d'acide picrique, etc.

Laine. — Les jaunes sur laine se font avec la gaude, le quercitron, le bois jaune ; on se sert du curcuma, du rocou, du fustet ; ces substances sont, du reste, excessivement variées ; on a proposé la camomille, les genêts et d'autres fleurs sur les principes colorants desquelles nous nous sommes étendus plus haut.

Le quercitron, le bois jaune et la gaude fournissent une couleur jaune assez solide ; le fustet donne un jaune très-brillant; le curcuma, facile d'application, manque de résistance aux agents atmosphériques; on ne l'applique guère que sur les étoffes de fantaisie ; il est exclu de la pratique dans la teinture des draps ou des étoffes de laine destinées à résister à de certaines fatigues.

Soie. — On fait usage sur soie des mêmes matières que sur laine, mais on y ajoute le rocou pour les nuances virant à l'orangé. L'acide picrique, ainsi que nous l'avons dit et dans les circonstances que nous avons énumérées, a pris une place importante, pour la soie comme pour la laine, comme matière colorante propre aux teintures brillantes et solides.

Coton. — On joint, pour teindre le coton, les graines de Perse et d'Avignon aux matières qui précèdent, l'acide picrique excepté, qui ne teint le coton qu'autant que cette matière a pu, d'après les expériences de M. Kulhmann, être préparée par l'acide azotique. Le chromate de plomb, qui donne aussi sur le coton une couleur d'un vif éclat, est employé dans une foule de circonstances, soit comme teintes unies, soit comme couleurs d'impressions obtenues par fixation, soit à l'albumine, soit par double décomposition ; ce dernier procédé se trouve être de beaucoup le plus simple et le plus commode.

COULEURS BINAIRES (*violets*, *orangés*, *verts*).

Généralement les couleurs binaires s'obtiennent par l'application sur l'étoffe des deux matières simples qui, par leur mélange ou leur superposition, peuvent produire la couleur en question ; il est évident qu'il faut tenir compte alors de leur action mutuelle, des circonstances générales dans lesquelles la couleur est appliquée, de la réaction acide ou basique sous l'influence de laquelle elle prend de l'adhérence avec le tissu, de la nature enfin du tissu lui-même, puisqu'il est des matières colorantes qui ne se fixent pas sur une fibre textile d'une origine déterminée. Quelques exemples fixeront les idées.

Violets. — Généralement les couleurs violettes sont obtenues par la superposition de couleurs rouges sur des nuances bleues ou réciproquement; on fait un choix de la méthode à suivre, suivant que le violet est pâle ou foncé, suivant aussi que la nuance ne sera reproduite avec exactitude que par un virement acide ou alcalin.

Nous avons fait connaître les qualités particulièrement remarquables de l'orseille ; elle donne immédiatement des nuances violettes sur soie, sur laine et sur coton. Les nuances sont, à volonté, claires ou vigoureuses, suivant l'état de concentration du bain, ou le nombre des teintures successivement apposées. Il est peu de matières qui aient rendu d'aussi grands services aux teinturiers qui ne reprochaient à cette couleur qu'une fugacité trop grande. Grâce aux travaux de MM. Guinon, Marnas et Bonnet, que nous avons longuement exposés, la teinture sur laine et sur soie se trouve maintenant dotée d'une couleur d'orseille solide comparativement aux anciennes couleurs.

L'indisine ou violet d'aniline fournit aussi directement du violet sur coton, sur laine et sur soie. Ce sont les plus solides.

Orangés. — Les couleurs qui tiennent de l'orangé se préparent trop souvent involontairement en fixant les matières colorantes rouges. En effet, ces dernières sont presque toujours mélangées dans les substances tinctoriales qui les fournissent avec des matières jaunes, ou bien elles donnent naissance à des produits de cette nuance avec les préparations métalliques dont la réaction est acide.

Verts. — Le vert s'obtient toujours par la réunion en mélange ou par superposition des couleurs jaunes et des couleurs bleues. On les prépare, par exemple, avec le bleu d'indigo de cuve, ou le bleu de sulfate d'indigo, modifiés après coup par des jaunes appropriés à l'étoffe qu'on veut teindre, à la nuance qu'on veut produire, à la durée qu'on cherche à produire, à la méthode qu'on a suivie pour appliquer l'indigo. Les verts de cuve sont solides ; les verts de Saxe le sont beaucoup moins; à l'indigo, dans les premiers, on associe le jaune solide comme le bois jaune. Le jaune des seconds est extrait du curcuma qui résiste mal à l'action de la lumière solaire.

On sait, d'après ce que nous avons dit plus haut, que les Chinois produisent directement sur soie une couleur verte très-brillante et très-remarquable qui se prépare directement et qui conserve un éclat très-vif à la lumière artificielle. Grâce aux travaux de M. Persoz, grâce encore à l'initiative de la chambre de commerce de Lyon, on a pu connaître, ainsi que nous l'avons vu, l'origine de cette matière, les procédés au moyen desquels on la prépare, et les méthodes que l'on emploie pour en faire l'application.

COULEURS TERNAIRES (*noirs et bruns*).

TEINTURE EN NOIR. — La couleur noire est souvent difficile à produire, lorsque le consommateur exige que ce noir possède des reflets de nuances données; on ne peut alors les obtenir que par des couleurs très-composées.

Laine. — Mais la laine a tant d'affinité pour la teinture en noir qu'elle donne une coloration assez facile. On peut, à volonté, sur ces fibres en écheveaux, ou sur les laines en toisons, fixer l'oxyde de fer, pour faire bouillir ensuite dans la décoction de matière tannante, ou suivre la méthode inverse qui consiste à préparer l'étoffe avec la matière tannante pour terminer par le bain contenant l'oxyde de fer. On brunit alors avec le bain ferrugineux. On peut joindre le cuivre au fer; les substances qu'on préfère sont alors la noix de galle et le campêche, le vitriol vert et le vitriol bleu; ces matières deviennent les éléments du principe noir qui se dépose sur le tissu.

Soie. — La teinture en noir sur soie présente des difficultés particulières : elle semble au moins généralement exiger qu'on commence par procéder à la combinaison préalable de la fibre textile, qui l'absorbe en grande abondance, avec le tanin, surtout le tanin de châtaignier. On finit ensuite la teinture en passant la soie dans un bain de fer dont chaque industriel fait mystère.

Coton. — Pour teindre le coton, on commence toujours par fixer le fer sur le tissu qui l'attire avec énergie; on termine ensuite en faisant bouillir l'étoffe avec des décoctions de noix de galle plus ou moins mêlées de campêche.

De la pureté des nuances.

Tels sont les principes généraux que l'expérience a fait admettre. Pour les compléter, nous devons placer ici la remarque suivante à laquelle on n'attache pas

assez d'importance, lorsqu'on analyse les phénomènes optiques auxquels donne lieu l'examen d'une étoffe teinte en couleurs binaires. M. Chevreul a parfaitement fait ressortir l'influence des faits sur lesquels je désire fixer l'attention, en l'étudiant sur l'art de mélanger les fils diversement colorés; il a tiré parti de ses observations pour définir et perfectionner l'art du tapissier. Le savant directeur des teintures aux Gobelins a cherché les modifications que les diverses couleurs éprouvaient l'une à côté de l'autre, pour en déduire ce qui doit se passer lorsque ces couleurs sont mélangées par une sorte de porphyrisation. C'est, en effet, la même impression que perçoit l'œil lorsqu'on broie des couleurs, lorsqu'on teint simultanément des nuances différentes, ou lorsqu'on superpose des tons variés. D'après M. Chevreul, « l'art de mélanger les fils diversement colorés, soit en en réunissant plusieurs ensemble pour former un fil complexe, ou en les entre-croisant à la manière de ce que l'on appelle une hachure en dessin, et dans les deux cas, avec l'intention de ne produire que la sensation d'une seule couleur, et de la produire sûrement telle qu'on la veut, cet art dérive d'un principe très-général qu'on nomme *principe du mélange des couleurs.* »

Ce principe s'applique aussi bien au mélange des fils colorés qu'emploient le tisseur de châles, le tisseur d'étoffes de soie, le fabricant de mosaïques, etc., qu'à la préparation, par les méthodes de la teinture, des couleurs binaires, ou des couleurs rompues et rabattues par le mélange des couleurs simples ou binaires avec le noir, en appliquant sur des étoffes des matières colorées aussi intimement mélangées que le sont celles des peintres.

Des études de M. de Chevreul sur le principe des mélanges des couleurs il résulte, lorsqu'on applique sur des étoffes des matières colorées qui n'ont point d'action chimique mutuelle capable de modifier leurs couleurs respectives, deux vérités que nous allons formuler en peu de mots.

Nous avons limité les circonstances dans lesquelles les axiomes que nous énonçons restent en dehors de toute discussion. Pour préciser les faits, nous rappellerons comme exemple particulier la superposition du jaune de gaude sur une étoffe colorée par du bleu de cuve; les deux couleurs conservent leurs nuances respectives, mais elles produisent du vert par leur mélange.

Or, dans toutes les circonstances analogues, qu'il s'agisse de violet ou d'orangé,

1° Pour obtenir des couleurs franches, orangées, violettes ou vertes, par le mélange du rouge avec le jaune, du jaune avec le bleu, du bleu avec le rouge, il faut que chaque mélange ne renferme que les deux couleurs qui doivent constituer l'orangé, le vert et le violet.

2° Si les couleurs mélangées sont au nombre de trois il en résulte toujours du noir ou du gris, et dès lors on obtient :

a. Du noir et du gris normal, si le mélange présente des couleurs mutuellement complémentaires;

b. Du noir ou du gris normal, plus une couleur sensible, si le mélange des couleurs n'est pas mutuellement complémentaire. Il en résulte ce que les teinturiers nomment une *couleur rabattue*, et ce que les peintres appellent une *couleur rompue.*

Ces deux principes sont applicables à tous les arts qui parlent aux yeux par les couleurs. Les conséquences en sont immédiatement applicables à l'art de la teinture. Si le teinturier sait, après une étude approfondie des qualités optiques des couleurs, connaître à fond celles qu'il peut appliquer sur une étoffe donnée, ne peut-il pas être certain de faire toujours des couleurs binaires parfaitement pures, s'il élimine toute

TEINTURE.

substance colorante capable d'introduire une troisième couleur dans le mélange qu'il en fera.

D'un autre côté, ne ferait-il pas assurément du noir ou des couleurs rabattues du ton qu'on lui demande, s'il sait créer sur l'étoffe des couleurs mutuellement complémentaires, qui se neutraliseront d'une manière exacte, s'il veut avoir du noir ou du gris normal, ou dont l une sera en excès, s'il désire une couleur rabattue?

Ne sait-on pas que pour transformer en une étoffe blanche un tissu légèrement coloré, il suffit d'en neutraliser la nuance par sa complémentaire; tel est le principe de ce qu'on nomme l'azurage des étoffes qui ont une légère couleur rousse. L'œil juge une étoffe ou généralement une surface quelconque blanche quoiqu'elle soit teintée d'une ombre légère, tandis qu'il la jugerait colorée, si cette teinte ombrée se réduisait en les deux teintes complémentaires qui seraient équivalentes. L'art de faire du noir en teinture donne le moyen de neutraliser une couleur en y ajoutant sa complémentaire ; le blanchisseur emploie ce moyen pour qu'une étoffe, très légèrement colorée, paraisse plus blanche qu'elle ne le paraîtrait, s'il n'en avait pas neutralisé la couleur par la complémentaire de celle-ci.

§ X. DE LA TEINTURE

considérée sous le rapport de la stabilité des couleurs.

Nous voyons, par ce qui précède, que les principes généraux sur lesquels se base l'art de la teinture reposent sur l'observation des faits optiques, chimiques et mécaniques tout à la fois, et nous rappellerons ici qu'il est impossible de regarder les phénomènes de teinture comme uniquement dus à l'affinité chimique, et qu'on n'est pas plus fondé lorsqu'on les rapporte à de simples phénomènes mécaniques. Dans cette dernière hypothèse, la matière colorante devrait se conduire de la même manière vis-à-vis de la lumière, quelle que soit l'étoffe (laine, soie, coton) sur laquelle elle est appliquée; or, on a remarqué, sous ce rapport, des différences tranchées que nous avons déjà signalées à titre sommaire, mais sur lesquelles nous pouvons revenir actuellement.

On s'explique les différences de stabilité d'une même matière colorante selon qu'elle est appliquée sur des tissus de coton, de laine ou de soie, en prenant en considération les actions chimiques qui s'accomplissent au contact de la matière colorante et des tissus.

L'expérience a conduit M. Chevreul à poser les conséquences suivantes, après avoir étudié la même matière colorante dans ses rapports avec une étoffe déterminée qu'il plaçait simultanément dans le vide, dans la vapeur d'eau, sous l'influence de la lumière solaire, à l'abri de la lumière solaire.

Nous commencerons par exposer les phénomènes très-remarquables observés sur le bleu de Prusse soumis dans le vide à l'action de la lumière.

Lorsqu'on place des étoffes de coton, de laine ou de soie dans un flacon dans lequel on fait le vide et qu'on l'expose à l'action de la lumière solaire directe, on voit ces étoffes blanchir en perdant du cyanogène, ce qu'on peut facilement constater en plaçant dans le flacon qui contient l'étoffe un petit tube ouvert rempli de fragments de potasse. Si le vide est humide, le cyanogène se transforme en une matière brune qui se dépose sur l'étoffe et sur les parois du vase. Sous l'influence de la lumière solaire le bleu de Prusse se décompose donc en cyanogène et protocyanure de fer. Les étoffes blanchies à la lumière, exposées au contact de l'air, se colorent progressivement. Rien de semblable ne se produit si l'air ou l'oxygène sont remplacés par de l'acide carbonique. Dans le premier cas, l'oxygène se portant sur une portion du fer forme du peroxyde de fer, tandis que le cyanogène qui se sépare en proportion équivalente convertit une certaine quantité de protocyanure en percyanure qui reproduit du bleu de Prusse avec le reste du protocyanure.

Dans le vide, avec une température de 170° à 190° en dehors de la radiation solaire, les étoffes teintes en bleu de Prusse présentent les mêmes phénomènes, sans toutefois blanchir complétement, dans l'espace de quelques heures ; la décoloration est accompagnée d'un dégagement de cyanogène. La coloration se reproduit sous l'influence de l'oxygène ou de l'air atmosphérique, et dans les deux cas on peut produire sur la même étoffe, un certain nombre de fois, cette succession remarquable de décoloration et de coloration tranchées.

Une étoffe de coton teinte en bleu se décolore encore au milieu de l'eau distillée privée d'air, mais exposée directement à l'action du soleil il n'y a pas de dégagement gazeux ; l'eau seule forme du bleu de Prusse lorsqu'on y ajoute du carbonate d'ammoniaque, de l'acide chlorhydrique et du protosulfate de fer ; il y a donc encore ici dégagement de cyanogène.

A côté de ces remarquables observations nous allons placer les faits suivants que l'expérience a permis de constater, et qui sont de nature à guider le teinturier dans le choix des couleurs qu'il doit prendre pour l'application des couleurs simples, binaires ou ternaires sur un tissu déterminé.

Le carthame, le rocou, l'orseille, l'indigo, l'acide sulfindigotique sur la soie se conservent dans le vide.

Le curcuma s'altère dans le vide, mais moins que dans l'air.

Le curcuma et le carthame sont plus stables sur le coton que sur la laine et la soie.

Le rocou l'est plus sur la soie que sur le coton et sur la laine.

L'orseille est moins stable sur le coton que sur la soie et la laine. La pourpre française est moins altérable encore sur laine et sur soie.

L'acide sulfindigotique est beaucoup plus stable sur la soie que sur la laine.

L'acide picrique, qui gagne sur la soie par une exposition de trois mois au soleil, perd ensuite, quand sur la laine il gagne, même au bout de huit mois, en virant à l'orangé.

Il faut ajouter ici, pour n'y pas revenir plus loin, que certaines matières organiques ou minérales ajoutent à la solidité des couleurs adhérentes.

Nous reprendrons du reste ces faits pour citer des exemples, lorsque nous définirons les couleurs de *grand* et de *petit teint*.

Il résulte encore des recherches de M. Chevreul que l'intensité de la couleur exerce sur sa résistance une influence notable. Cette observation est la conséquence de ce principe posé par le savant académicien, « qu'à la rigueur, on pourrait blanchir des étoffes de ligneux, lors même que la matière colorante serait plus inaltérable que l'étoffe elle-même, par la raison que la matière colorée se trouvant en quantité très-faible on pourrait la détruire en détruisant une quantité proportionnelle de l'étoffe sans que celle-ci fût sensiblement affaiblie dans sa ténacité. Cette remarque explique parfaitement comment des matières colorées telles que l'indigotine, les principes colorants de la garance, de la cochenille, de la gaude, etc., qui de tout temps ont été réputées de bon teint, ne le sont plus à proprement parler lorsqu'elles ne sont appliquées qu'en faible quantité de manière à faire les tons les plus clairs des gammes dont les tons foncés sont avec juste raison déclarés de grand teint.

Grâce aux tons clairs qu'on prépare aujourd'hui dans l'atelier des Gobelins, par interposition ou imprégnation, on peut à la rigueur exécuter une foule de tons clairs solides qui manquaient à l'ancienne palette, en

recourant aux matières colorées inaltérables à l'air comme le bleu d'outremer, le cinabre, les sesquioxydes de fer et de chrome, le phosphate de cobalt fondu, etc.

Ces mêmes observations ont conduit M. Chevreul à faire le *rabat* des teintes rabattues au moyen des couleurs de bon teint qui sont complémentaires. Avec l'indigo de cuve, la garance, la gaude, on fait des couleurs grises ou rabattues, qui ont une résistance bien supérieure à celle des gris faits au moyen des astringents et des sels de fer. On commence à produire aujourd'hui, d'une manière industrielle, de ces couleurs solides qui résistent en raison de la grande intensité de leur nuance. Au reste, le filateur fera lui-même ces nuances en filant des mélanges voulus de fibres blanches et de fibres teintes en nuances foncées de couleurs déterminées.

Couleurs de grand et de petit teint.

Quelle que soit la nature de la matière textile qu'on veut teindre en uni, soit en fil, soit en tissu, les industriels divisent les teintures en couleurs *bon teint*, et en couleurs *mauvais teint*. A l'époque des *jurandes* et des *maîtrises* on distinguait, et ces désignations se sont perpétuées, les nuances de grand et de petit teint, d'après leur origine; cette division était complétement inexacte, incertaine, puisque des expériences de tous les jours ont fait voir qu'une couleur, selon la manière dont elle est appliquée ou fixée, peut contracter une combinaison intime avec la fibre, ou n'y adhérer que faiblement, rester inaltérable dans certaines circonstances, ou s'altérer et disparaître entièrement dans d'autres.

Nous ajouterons encore que plusieurs des sels déposés mécaniquement sur les tissus ne résisteraient pas aux moyens d'épreuves que nous allons décrire, bien qu'ils résistent parfaitement aux influences de la lumière et de l'air. D'ailleurs, dans un autre ordre d'idées, M. Chevreul a démontré l'influence de la nature de la fibre, mise hors de doute par ses nombreux travaux.

Nous citerons encore, pour corroborer cette opinion sur l'insuffisance des moyens d'essai pour classer les couleurs en grand et petit teint, un dernier fait tiré de l'action du campêche. Lorsqu'on a formé des laques violettes en préparant l'étoffe avec un sel d'alumine, et en teignant, la couleur résiste à l'eau, mais s'altère à l'air; quand on prépare une couleur d'application au moyen du protochlorure d'étain, la laque résiste à l'air, mais elle disparaît dans l'eau bouillante; enfin traitée par le chromate de potasse, elle se sature d'oxygène, et dans ces conditions, elle résiste non-seulement à l'air, à l'eau, mais encore aux autres agents atmosphériques.

Lorsque Dufay fut chargé par l'administration supérieure de travailler au perfectionnement de l'art de la teinture, son premier soin fut de reviser les statuts, ordonnances et règlements des teinturiers en ce qui concerne particulièrement la distinction des teintures en *grand* et *bon teint* d'avec les teintures en *petit teint*, Les règlements revisés furent surtout ceux des années 1669 et 1671. D'après son travail :

Une couleur est réputée de bon teint lorsqu'elle résiste au soleil et à la rosée des nuits, douze jours d'été et dix-huit jours d'hiver; elle est réputée de petit teint lorsqu'elle est plus ou moins effacée dans les mêmes circonstances. Cette règle une fois admise, on juge une couleur A en exposant à l'air un petit morceau d'étoffe teint en une couleur B que l'on sait être de petit teint, comparativement avec un morceau de l'étoffe teinte en couleur A jusqu'à ce que la couleur soit devenue ce qu'elle devient par une exposition au soleil pendant douze jours d'été. Ce résultat obtenu, on compare A et B; puis on conclut. Dufay choisit ensuite pour étudier la résistance des couleurs de grand et petit teint les *déboulis* tels que l'alun de Rome, le tartre rouge et le savon blanc, d'après la considération de ne pas décolorer les étoffes de grand teint, et de réduire, autant que possible, les couleurs de petit teint à la même apparence que le fait l'exposition de douze jours au soleil d'été. Ces principes furent confirmés par Hellot qui n'apporta que de légères modifications. Ils servent encore de base à la distinction des couleurs en couleurs de grand et de petit teint que les arts ont conservés.

Lorsqu'on ne peut ou ne veut juger la solidité d'une nuance, soit parce que le soleil manque, soit parce qu'on est désireux de connaître immédiatement le résultat d'un essai, le teinturier s'adresse aux réactifs chimiques ou plus rapidement aux épreuves anciennes que nous venons de nommer *débouilli*, ou *débout*. Avant de traiter cette question, entrons dans quelques détails qui complètent ceux donnés ci-dessus.

Un praticien expérimenté, M. Gonfreville, s'est livré à des recherches sur l'action du soleil et de la pluie sur les principales couleurs. Nous reproduirons ici la notice dans laquelle il avait consigné le résultat de ses expériences pour la première édition de cet ouvrage. On verra qu'il pose la question ainsi que nous venons de le dire.

On divise les procédés, dit-il, en trois classes :

Première classe pour les couleurs grand teint.

Deuxième classe pour les couleurs bon teint.

Troisième classe pour les couleurs petit teint. Telles sont les qualifications adoptées dans les ateliers.

1° Une couleur *grand teint* est éminemment fixe ou solide; elle doit résister non-seulement aux agents ordinairement usités pour l'entretien et la propreté de l'étoffe à laquelle elle s'applique, comme les lessives, les savonnages, le dégras, les acides faibles, mais encore à l'action plus puissante du soleil, de l'air, de la pluie, du temps en un mot. On conçoit cependant que cette résistance ne peut pas être illimitée, que cette fixité n'est jamais absolue, et que *grand teint* ne veut pas dire indestructible; car le chimiste a toujours à sa disposition quelques agents pour détruire instantanément, *enlever* ou *ronger* toutes les teintures sans altérer l'étoffe; mais on comprend sous ce nom la couleur qui, par comparaison, résiste le mieux et le plus longtemps à ces épreuves et autant que l'étoffe elle-même, et qui dès lors est estimée et classée de première qualité.

2° Une couleur *bon teint*, dans des limites moins étendues, résiste aussi, avec quelques légères modifications, aux lessives, aux savonnages, etc., et au soleil, à l'air, à la pluie et au temps; mais des altérations successives et moins lentes que sur les précédentes résultent peu à peu de leur action.

3° Une couleur *petit teint* ou faux teint, de la dernière qualité, tout le monde le sait, s'altère promptement, et quelquefois même instantanément, par un simple lavage dans l'eau, et se détruit, se bringe, se vire ou se fane facilement par l'air, le savon, etc. Il est bon d'observer ici que plusieurs couleurs évidemment de mauvais teint, résistent cependant assez bien à l'action de quelques acides énergiques, quoique immédiatement attaquées ou modifiées par l'action de la lumière et de l'air seuls. Le jaune au curcuma, le rose au carthame, le bleu au cyanure de fer, le capucine au rocou, le violet au campêche sur mordant d'étain, etc., qui tous sont *virés* par un bain acide, résistent conséquemment très-bien au vinaigre et même aux acides minéraux de moyenne force, et cependant les alcalis, le savonnage, même très-faible, et quelques heures d'exposition au soleil, suffisent pour les altérer et bientôt les effacer totalement.

Ainsi pour fixer nettement les idées à cet égard, et pour bien faire saillir les différences essentielles qui existent entre ces trois classes de teintures, on citera

ici, pour exemple, une épreuve bien décisive qui les fait reconnaître irrévocablement, et qui a été faite directement dans ce but.

Une série très-nombreuse d'échantillons de coton, lin, soie et laine, teints en toutes couleurs de diverses qualités, a été disposée avec beaucoup de soin pour cette épreuve; pour cela, chaque échantillon séparément a été dévidé, étendu et rangé fil par fil, comme pour l'ourdissage d'une chaîne, autour de larges bandes de forts cartons.

On a fixé ces cartons horizontalement sur la tête de pieux élevés et placés au milieu d'une vaste prairie, de manière à ce que depuis le lever jusqu'au coucher du soleil ils ne pussent recevoir aucune ombre, et on les a laissés ainsi attachés et exposés toujours du même côté, depuis le 4 août 1832 jusqu'au 4 février 1833, six mois. Durant cet espace de temps, cinq fois on a été obligé de renouveler les numéros d'encre ordinaire de la petite vertu, qui s'effaçaient; on notait les époques auxquelles chaque couleur était sensiblement altérée, puis détruite. On avait conservé avec soin une série pareille bien enveloppée, outre que la partie inférieure des cartons avait été couverte d'un double carton collé avec précaution tout autour sur les bords, pour empêcher l'action de l'air, etc., sur cette moitié des échantillons.

Chaque couleur disparut successivement à diverses époques selon sa qualité; en résumé, il a été constaté que les échantillons teints *sur apprêts huileux* en chayaver et en garance, étaient les seuls qui aient pu résister pendant tout ce temps, mais toutefois encore avec des différences entre eux; les couleurs en garance étaient altérées très-sensiblement, tandis que celles en chayaver étaient à peine éclaircies, sauf seulement, il faut bien le constater ici, deux nuances sur mordant d'étain pour lesquelles une réaction de l'oxyde avait eu lieu, ce qu'on peut assurément éviter; le coton en était très-affaibli lui-même.

La poussière, la fumée les avaient toutes un peu salies et ternies, mais par un fort savonnage bouillant on les a revivifiées. On glissa en place du carton une latte, et on leur fit ainsi, sans les déplacer, subir l'avivage à la chinure qu'ils faisaient avec la partie inférieure; alors seulement on put constater rigoureusement les différences survenues par cette longue épreuve, avec les demi-échantillons préservés et enveloppés sous les cartons, et surtout avec ceux qui avaient été conservés séparément avec soin. Des échantillons, au nombre de soixante, de cette épreuve décisive ont été compris dans le tableau de l'exposition de 1834. Pour abréger, de ceci nous concluons que : 1° les couleurs au chayaver et à la garance avec apprêts huileux et convenablement *mordantées* et *avivées*, sont bien de *grand teint*, mais encore à deux degrés différents; 2° les couleurs de garance sans apprêts huileux, celles du quercitron, de la cochenille, de la gomme laque, du capilapodie, du cassa, du noona, du jong-koutong, de l'indigo, qui ont résisté de deux à quatre mois, sont de *bon teint;* et toutes celles au Brésil, au calliatour, au campêche, au bois jaune, au fustet, à l'orseille, à l'orcanette, au santal, au saffranum, au rocou, au curcuma, qui se sont effacées complétement en quelques jours, ou même quelques heures, sont de *petit teint*, sauf encore à quelques différences près, selon le système et les mordants employés dans les procédés de ces mêmes teintures ou de ces mêmes agents.

Revenons à la méthode de Dufay qui est plus facilement appliquable dans la pratique.

Pour cette épreuve on a reconnu qu'il est nécessaire de séparer en trois classes toutes les couleurs dans lesquelles les laines peuvent être teintes, tant en bon teint qu'en petit teint, et de fixer la composition des débouillis, c'est-à-dire la dose des matières qui doivent altérer les couleurs comprises dans chacune des trois classes.

Les couleurs comprises dans la première classe sont débouillies avec l'alun de Rome; celles de la seconde avec le savon blanc, celles de la troisième avec le tartre rouge, c'est-à-dire avec le tartre brut encore mélangé de la matière colorante qui se rencontre dans la lie du vin rouge.

Pour faire un débouilli, l'expérience et les conventions admises fixent la dose des composés chimiques, la quantité d'eau, le poids de l'échantillon, la température du liquide, la durée de l'opération dont les résultats varieraient beaucoup sans cette précaution.

Le débouilli fait avec l'alun de Rome se prépare en mettant dans un vase de terre ou terrine 15 gr. d'alun dans 500 gr. d'eau. Lorsque la dissolution bout à gros bouillons, on y met 4 gr. de l'étoffe dont on veut faire l'épreuve; on l'y laisse bouillir pendant cinq minutes, on la retire, on lave à l'eau froide, on fait sécher, puis on compare.

Pour le débouilli de savon blanc, on met seulement 7 à 8 gr. de savon blanc haché dans 500 gr. d'eau; on fait bouillir à gros bouillons, on jette l'échantillon et on maintient le contact pendant cinq minutes.

Le débouilli de tartre rouge se fait de même et avec les mêmes doses que celui d'alun : il faut seulement employer le tartre en poudre et le dissoudre entièrement avant d'y plonger l'étoffe à classer.

On doit débouillir avec l'alun les cramoisis de toute nuances, l'écarlate de Venise et les nuances qui s'y rapportent, les violets et les gris de toutes nuances, les pourpres et les bleus. A l'inspection de la couleur après l'épreuve, on juge par la couleur qui reste si la couleur est de faux teint.

On débouillit avec le savon blanc les jaunes clairs et foncés, toutes les nuances de vert et de jaune, les rouges de garance, les bruns clairs, canelle, tabac, etc.

On débouillit au tartre les couleurs dénommées sous la désignation de fauve ou couleurs de bois foncé ou clair. Quant au noir, il faut toujours en faire l'essai par un débouilli beaucoup plus actif; car il faut voir si l'échantillon qu'on veut classer a reçu le pied de bleu qui lui donne de la solidité. Pour cette épreuve on met dans 490 à 500 gr. d'eau, 30 gr. d'alun de Rome, et 30 gr. de tartre rouge, on fait bouillir le tout et on y jette l'échantillon qu'on maintient à l'ébullition tumultueuse pendant un quart d'heure; on le lave ensuite à l'eau fraîche. Il sera facile de reconnaître alors si l'échantillon a reçu le pied d'indigo, car dans ce cas il devra rester coloré en bleu presque noir; dans le cas contraire le fond ne conservera qu'une couleur grise. Les gris de fer et de noix de galle n'ont besoin de subir aucun débouilli; on les fait tous de même, et si l'on s'est conformé d'une manière complète aux indications que nous avons données, ils sont brillants et de bonne qualité.

Depuis que les jurandes et les maîtrises n'existent plus, l'industrie est libre de faire des étoffes quelconques, à moins de conventions spéciales entre l'acheteur et le vendeur. Toute garantie cependant ne peut disparaître pour l'acheteur, mais il faut qu'il demande au marchand l'indication de la matière employée pour teindre la marchandise vendue. Si le commerce consentait, pour les objets de valeur, à devenir exigeant, il y aurait lieu de compléter l'éducation des masses et de déposer au Conservatoire des arts et métiers ou aux Gobelins, par exemple, une série de teintes exposées au soleil, en permettant la confrontation des échantillons avec une série semblable soigneusement conservée dans des tiroirs à l'abri de la radiation solaire. Ces idées émises par M. Chevreul contrarieraient les abus qui sont condamnés dans d'autres industries et que la

loi frappe comme fraude sur la nature des marchandises vendues.

Couleurs d'origine minérale. Dans cet examen il n'est question que des couleurs d'origine végétale, les couleurs d'origine minérale sont le plus généralement *grand teint.* Nous avons vu que ce n'est que dans un petit nombre de cas qu'elles peuvent être employées, vu leur absence de transparence; toutefois nous citerons ici les plus remarquables : aux sels de fer, les premiers employés pour les couleurs noires, rouille et chamois, sont venus successivement se joindre l'arsenite de cuivre qui donne des verts de diverses nuances; le bleu de Prusse si heureusement employé en 1811 par Raymond père, de Lyon, pour les bleus et les verts; les sulfures d'arsenic appliqués par Braconnot et Houton-Labillaudière, pour les teintes jaune, aurore et carmélite; le chromate et le sous-chromate de plomb indiqués par Lassaigne, dès 1820, pour produire depuis le jaune-clair jusqu'au rouge-orangé; l'iodure de mercure d'un si beau rouge, le phosphate de Cobalt, le vert d'émeraude par l'hydrate d'oxyde de chrome (voy. ÉMERAUDE, *Complément*) dû à M. Guiguet, sont des éléments précieux pour l'impression plus encore que pour la teinture.

§ XI. DE LA TEINTURE

considérée dans ses méthodes générales.

Ces préliminaires posés, nous pouvons aborder avec fruit l'étude des procédés de teinture.

On teint ou pour obtenir des fonds uniformes, ou pour faire naître par places sur des tissus donnés des colorations interrompues ou variées.

Le but de la première méthode est la teinture proprement dite. Le but de la seconde est obtenu par l'impression; on imprime quelquefois la préparation (*mordant*), quelquefois la couleur elle-même (*enluminage*), souvent des parties qu'il faut réserver (*réserves*), souvent des substances destinées à faire disparaître des parties colorées (*enlevages*), souvent enfin des matières qui ont pour effet de convertir une couleur d'une nuance en une nuance voisine ou fort différente (*couleurs conversions*). Mais cette seconde méthode n'exclut pas la teinture proprement dite; elle n'est qu'un cas particulier de l'art de la teinture qui, presque toujours, à moins qu'on ne fasse que des colorations plastiques, exige comme complément la teinture elle-même. Occupons-nous des opérations de la teinture elle-même, c'est-à-dire de la coloration qu'on obtient par l'immersion de l'étoffe entière dans un bain de teinture ou successivement dans des bains de teinture, et de préparations convenablement choisies.

Les matières premières, telles que le coton, la laine, la soie, le lin, le chanvre qui sont destinés au tissage ou à l'emploi direct, doivent être teintes par cette méthode; les tissus, les draps, les étoffes de soie et celles de coton se teignent aussi fort souvent par cette méthode, mais la couleur n'a plus alors ni la même solidité, ni la même intensité; les filaments qui composent le fil ont reçu par le tissage et la filature une torsion qui ne permet pas à la couleur de pénétrer aussi profondément que lorsque la matière est brute. Ce dernier mode de travail est beaucoup plus économique, puisqu'il absorbe moins de matière colorante; mais à la consommation on ne tarde pas à distinguer une étoffe teinte en laine d'un drap teint en pièce.

On teint encore ces matières premières en fils: c'est ce qu'on appelle teindre en *écheveaux;* cette méthode s'applique surtout à la laine et à la soie; elle tient nécessairement le milieu comme solidité, éclat et dépense entre les deux précédentes. La couleur s'applique beaucoup plus facilement que sur l'étoffe même; on emploie encore un peu moins de couleur que pour la teinture en filaments bruts en *flocons* ou en *toison.*

Les exemples que nous choisirons s'appliqueut aux opérations de la teinture sur laine, sur coton, sur soie, tant à l'état de flocons qu'à l'état de fils et sous forme de tissus.

Laine. — En parlant de la laine en flocons, nous la supposerons lavée; de plus elle aura subi toutes les opérations qui suivent généralement la tonte et qui précèdent la teinture proprement dite. Mais nous dirons en deux mots cependant que le blanchiment ne s'exécute que rarement pour des laines qu'on doit teindre en masse et surtout en couleurs foncées.

La laine se teint en flocons toutes les fois qu'on veut avoir des draps solides, d'une couleur bien uniforme; il faut, toutefois, exclure la teinture en noir qui a pris actuellement une grande extension et qui se pratique sur des draps en pièce.

La teinture en laine filée satisfait aux besoins de la tapisserie, de la passementerie et du tissage de toutes les étoffes de fantaisie si nombreuses aujourd'hui, dites *étoffes de nouveautés*, qui se fabriquent sur une très-grande échelle.

Enfin la teinture en drap se donne aux draps noirs; dans les autres genres, la teinture est beaucoup moins solide que lorsqu'on tisse des fils préalablement teints.

Soie. — La majeure partie des soies sont colorées à l'état d'écheveaux. On les livre ensuite aux divers ateliers de tapisserie, de passementerie, de rubannerie et de tissage.

Coton. — Quant aux cotons, on peut les teindre soit à l'état brut, soit à l'état de fil, ce qui est l'exception, soit enfin à l'état de tissus. On colore les ouates à l'état de coton non filé, mais en quelques nuances seulement; les fils sont teints plus rarement, cependant les cotons en fil sont souvent teints en bleu pour les tissus tricotés.

Le lin et le chanvre reçoivent moins souvent que les autres matières les opérations de la teinture. On profite surtout de l'éclatante blancheur qu'ils possèdent lorsqu'on a fait disparaître la matière colorante qui les colore à l'état naturel pour les consommer à l'état blanc. Cependant les besoins du tissage pour certains piqués et quelques étoffes de lin demandent des fils teints préalablement.

§ XII. DISPOSITIONS GÉNÉRALES

d'une teinturerie.

Dans une teinturerie bien installée, pour ne pas gêner le service il faut au moins trois salles affectées aux opérations de la teinture. Si l'on teint des laines, il est bon de réserver une salle spéciale pour le blanchiment ou dessuintage; on a dans tous les cas un atelier pour le bleu d'indigo qui nécessite une température déterminée, et deux chambres spéciales dans lesquelles on exécute les autres nuances de grand et de petit teint.

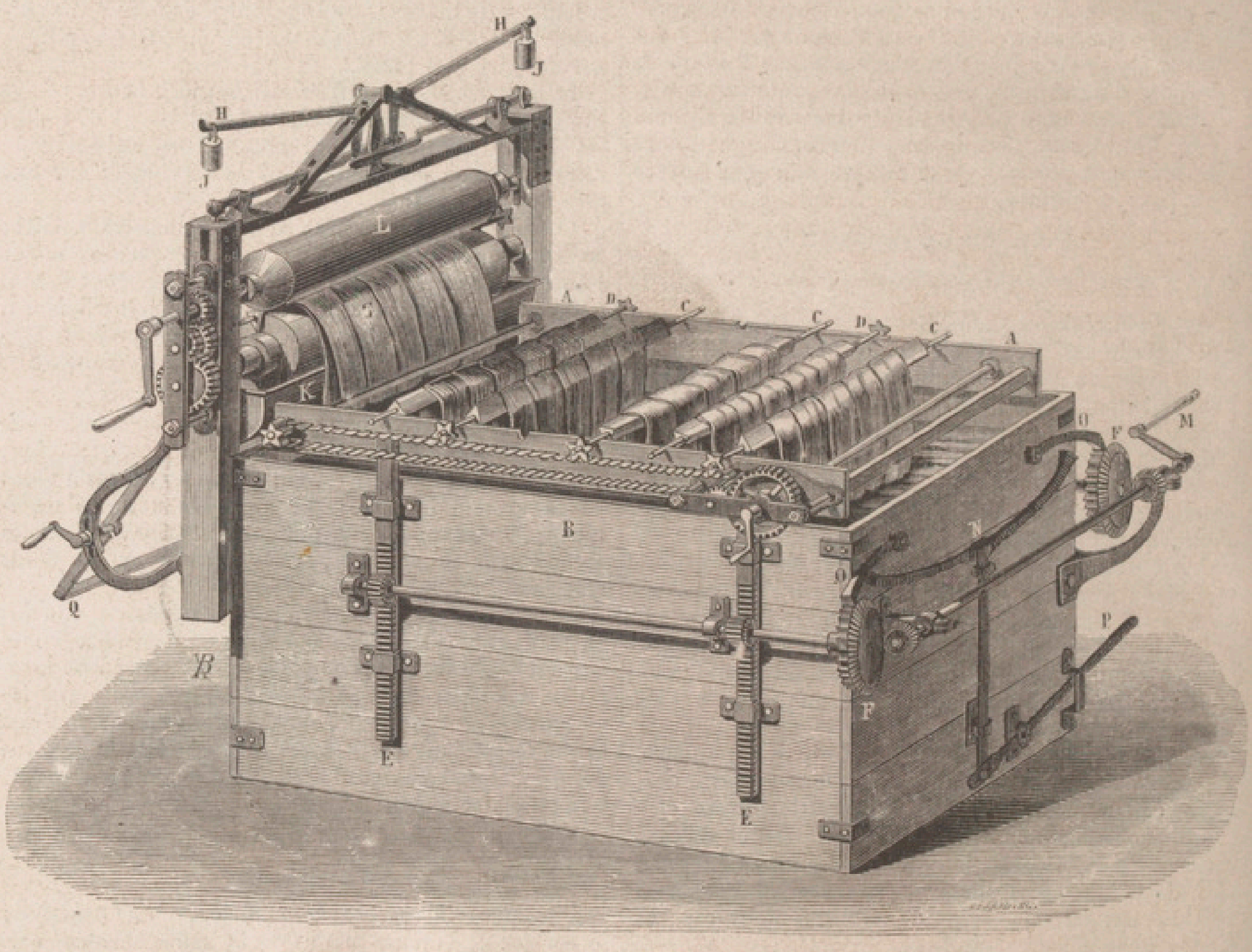
Le laboratoire doit être spacieux, bien éclairé, suffisamment élevé, et convenablement disposé pour la préparation des drogues qui ne sont pas faites en fabrique et pour les essais de contrôle auxquels doit pouvoir se livrer tout fabricant intelligent et soucieux de sauvegarder ses intérêts.

Les marchandises teintes, celles à teindre, celles à dessuinter, dans le cas où l'usine se charge de ce soin, doivent être séparées et placées dans des magasins distincts, les premiers à proximité des ateliers d'apprêt et des chambres où se font la vérification et l'empaquetage pour éviter les pertes de temps et la circulation inutile des produits prêts pour la consommation, qu'ils soient à l'état de fils ou de tissus.

Lorsque l'emplacement d'un atelier est arrêté,

comme il contient les bains qu'on chauffe à l'ébullition, et les cuves d'avivage ou de rinçage, il faut se réserver dans la toiture ou sur les parois la possibilité de donner à volonté des échappements aux vapeurs qui gêneraient le travail des ouvriers, ou qui retomberaient sous forme de gouttelettes entraînant les oxydes coloriés provenant du plafond ou des montants et tacheraient les tissus. Des pentes convenables doivent éconduire au dehors, sans danger pour les marchandises, les eaux de condensation et les poussières métalliques ou terreuses qu'elles peuvent entraîner. L'atelier doit être pavé proprement, avec pente pour l'écoulement des eaux; et lorsque le sol n'est pas en pierre inattaquable aux acides, il convient de l'enduire de chaux et de ciment pour que les eaux d'éclaboussures ou d'égouttages n'y

on place, adossées aux murs, les caisses nécessaires à la teinture, aux préparations des tissus, aux avivages et passages aux acides; de manière que de simples robinets placés immédiatement au-dessus de chacune des caisses, dont on a limité le nombre et déterminé l'usage, puissent amener ou la décoction ou la dissolution convenable qu'on prépare dans un ou des ateliers spéciaux qui peuvent n'être séparés de l'atelier principal que par un mur de refend. Sur l'autre côté du rectangle on dispose les appareils à dégorger, à laver, à rincer, etc., clapeau, plateau, battoir, etc.; ces deux séries doivent être séparées par un cours d'eau limpide, abondante, aussi pure que possible. De plus, de l'eau doit être distribuée à certaine hauteur en quantité suffisante dans tous les ateliers pour régler la densité des bains; les eaux



3728.

séjournent pas. On peut se servir de la pente naturelle pour rejeter à l'extérieur les bains épuisés; mais il vaut mieux, et pour éviter les inconvénients de la vapeur qu'ils répandent dans l'atmosphère, et pour économiser la chaleur qu'ils conservent encore, les faire éconduire par des conduits enveloppant les tuyaux d'arrivée de l'eau froide dans les bains. Dans tous les cas, tout doit être disposé pour que le travail s'exécute avec la plus grande propreté, la plus grande économie, la plus grande rapidité.

Un étendoir à l'air libre, un étendoir à couvert soit dans un hangar spacieux, soit dans un vaste grenier de manière qu'on y puisse en toute saison étendre et sècher à l'ombre les étoffes qui sortent des bains de teinture et des cuves de rinçage, sont le complément forcé de tout atelier de teinture.

Le meilleur plan à donner à l'atelier est évidemment la forme d'un large rectangle; sur une des longueurs, impures doivent être mises dehors aussi complétement que possible.

Le mode de chauffage des *bains de teinture*, ou des *bouillons* employés dans l'usine intéresse au plus haut point le génie civil; jusque dans ces derniers temps, le chauffage à feu me semble avoir été préféré; mai si le chauffage à la vapeur directe n'a pas été généralement admis, parce qu'il change en quelque sorte chaque instant la composition des bains par la condensation toujours constante de la vapeur qui s'ajoute, il ne peut en être de même du chauffage indirect par double fond ou par serpentin de vapeur. Ce mode offre bien, il est vrai, quelques inconvénients qui résultent d'un entretien plus coûteux, d'une surveillance plus assujettissante, à cause des robinets nombreux qu'il faut visiter souvent et des soubresauts que l'entrée de la vapeur occasionne toujours; mais il n'y a pas d'établissement dans lequel on l'ait introduit qui n'ait

à se louer, après quelque temps de pratique, d'une grande régularité dans les manœuvres, et d'une économie notable sous le rapport du combustible.

Outillage.

Les bains de teinture, les diverses préparations qui mettent l'étoffe en état d'absorber les principes colorants des bains de teinture, les bouillons, etc., doivent être conservés à des températures déterminées pendant le temps de l'opération ; on les y maintient dans des chaudières dont la disposition, la grandeur et la nature dépendent des opérations auxquelles elles sont destinées.

Chaudières. — Les chaudières sont généralement de cuivre rouge ou de cuivre jaune; il est urgent d'en avoir au moins une en étain destinée principalement à l'écarlate, et subsidiairement aux couleurs délicates dans la préparation desquelles la dissolution d'étain doit intervenir. Le cuivre jaune vaut toujours mieux que le cuivre rouge.

On peut substituer aux chaudières métalliques les cuviers de bois qui n'ont d'autre inconvénient que de ne pouvoir être parfaitement nettoyés après chaque opération. Cette observation perd sa valeur si la même chaudière, dans une teinturerie importante, ne sert qu'à la même couleur. Une cuve d'une grande dimension, qu'on ne peut sans perte de temps vider à la *poche*, doit être munie dans sa partie la plus déclive d'une ouverture qu'on ferme à volonté pour écouler le bain lorsqu'il est épuisé.

Il est à noter en passant qu'une grande cause de perte pour les teinturiers qui ne travaillent qu'à façon résulte généralement d'un outillage insuffisant, qui ne permet pas de réserver les bains incomplétement épuisés ; lorsque la quantité de pièces à teindre n'est pas assez grande pour enlever la totalité de la matière colorante, il faut bien perdre ce qui reste, si l'on n'est pas outillé pour réserver les bains appauvris pour des opérations subséquentes, quand elles se présenteront. Cette observation a sa valeur lorsqu'on traite des couleurs qui coûtent cher.

Les abords des chaudières doivent être faciles ; lorsqu'elles sont en métal, on peut les chauffer en dessous à feu nu ou par un double fond ; on les chauffe, lorsqu'elles sont en bois, par une circulation de vapeur. Pour plus de commodité, lorsqu'on chauffe directement, les foyers des chaudières sont placés sous un même manteau de cheminée.

Si les chaudières sont chauffées par un bouilleur, il convient de le placer dans la partie de l'atelier la plus commode pour éviter une trop longue conduite de la vapeur. Cette disposition permet de régler facilement la température des bains en plaçant au plus loin les chaudières destinées à la confection des nuances qui ne doivent pas être portées à l'ébullition. Le matériel des chaudières doit être assez considérable pour qu'on n'ait pas sans cesse à vider, nettoyer et rincer celles qui viennent de servir et qu'on destine à la teinture dans une nouvelle couleur. Il faut autant de cuves qu'on emploie de mélanges différents pour que le travail ne soit pas interrompu par un outillage insuffisant.

On dispose au-dessus de chaque chaudière, à diverses hauteurs suivant les circonstances, des perches pour faire égoutter les étoffes ou les écheveaux de laine et de soie, lorsqu'on n'en a que de petites parties à teindre ; par cette disposition le liquide qui s'écoule retombe dans la chaudière ; on passe des bâtons dans tous les écheveaux, et ces bâtons sont mis en travers sur les perches.

On doit à M. F. Deshayes un appareil ingénieux au moyen duquel on peut opérer mécaniquement la teinture en écheveaux. Nous allons le faire connaître, d'après le *Bulletin de la société d'encouragement*, t. VII, 2e série, p. 323.

Une caisse rectangulaire, en bois, en briques, en métal contient le liquide colorant ; il peut être chauffé, soit directement, soit par une circulation de vapeur placée dans le fond de la caisse. Dans cette caisse descend à volonté, par le moyen d'un système de crémaillères, un châssis qui reçoit dans une position transversale les bâtons sur lesquels on passe les écheveaux. Ces bâtons ont une section triangulaire, une des faces légèrement courbe. Une chaîne de Vaucanson rencontrant les roues dentées qu'ils portent à leur extrémité les entraîne dans un mouvement de rotation continu circulaire, qui remplace le lissage à la main.

Deux bâtons voisins reçoivent un mouvement en sens inverse pour éviter que les écheveaux ne s'arrêtent et ne se mêlent pendant le travail. On obtient cette condition par une disposition très-simple qui consiste en deux chaînes engrenant avec les roues des bâtons alternants. Après que les écheveaux sont mis en place et les lissoirs fixés sur les tourillons réservés sur le châssis, on abat au moyen des crémaillères, et on mène plus ou moins vivement suivant la nature de la nuance qu'on désire obtenir, au moyen d'une manivelle qui commande les deux chaînes de Vaucanson.

Lorsque l'immersion est suffisante on relève le châssis, toujours au moyen des crémaillères ; on laisse égoutter, puis on procède à l'essorage.

A cet effet, la partie postérieure de l'appareil porte un bâti dans lequel sont engagés deux cylindres, l'un en bois, l'autre en caoutchouc ou en bois à surface recouverte d'une toile de fil enroulée six à sept fois, qui frottent l'un sur l'autre, en vertu d'une pression qu'on peut régler à volonté. Le cylindre inférieur porte une échancrure dans laquelle on engage successivement chacun des bâtons chargé des écheveaux qu'il porte. La partie arrondie du bâton se met en dehors, et termine la surface du cylindre ; par la rotation des deux cylindres, les fils sont comprimés, et l'excédant du liquide dont ils étaient chargés s'écoule dans une rigole pour être ramené dans le bain sans aucune perte.

Après s'être dégagés des cylindres, les écheveaux restent disposés pour recevoir une nouvelle passe.

On répète les opérations de l'immersion, du lissage et de l'essorage sans remaniement, autant de fois qu'on le juge nécessaire pour arriver à l'échantillonnage définitif.

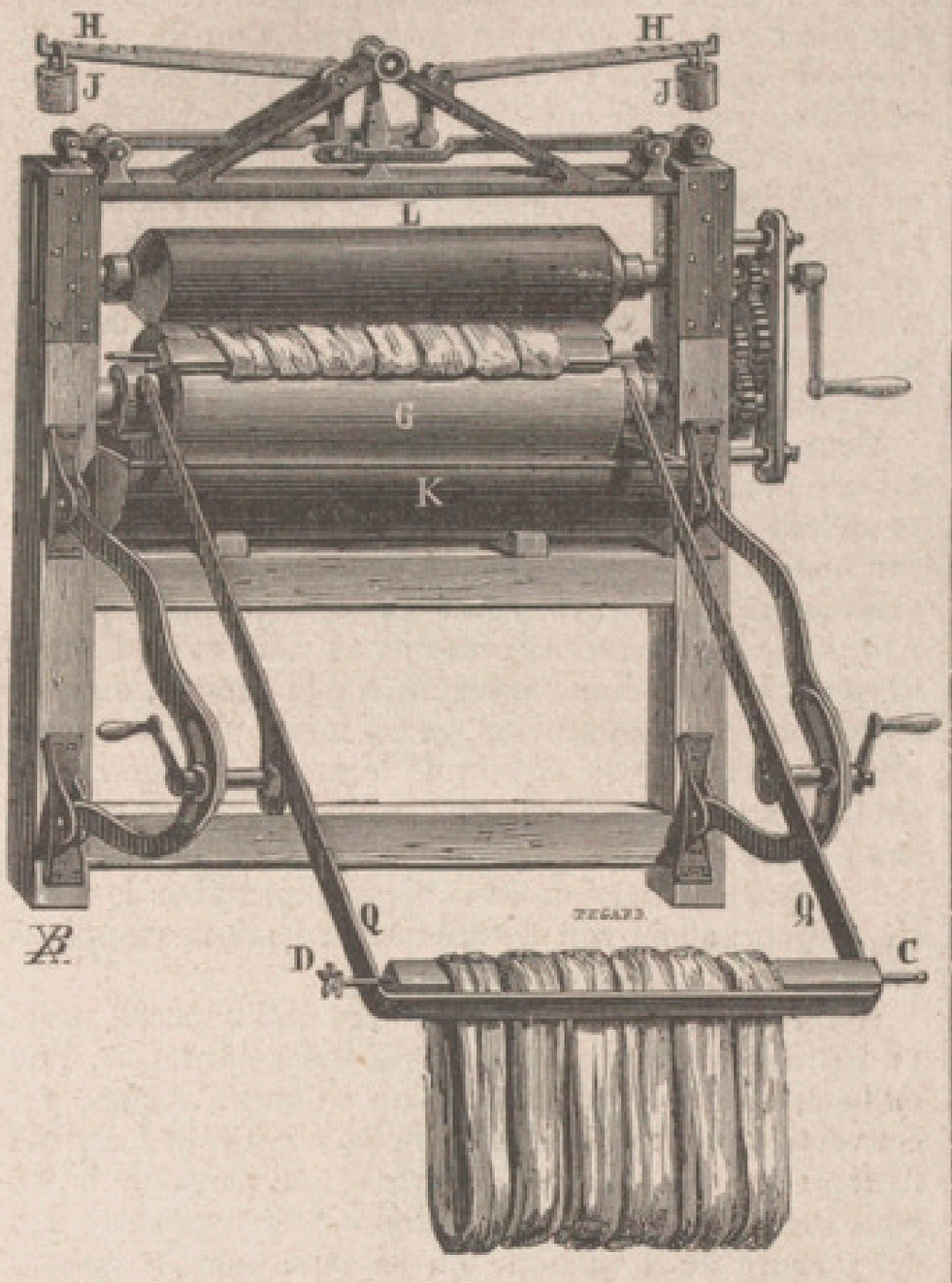
Cet appareil est représenté en vue, fig. 3728. A représente le châssis mobile qui descend dans la cuve B ; les lissoirs C et D supportent les écheveaux ; ils portent l'un une rosette, l'autre une tige unie ; E est la crémaillère qui, au moyen de la roue F, fait monter le châssis ; G est le cylindre de l'essoreuse ; H le levier qui, avec le poids J, règle la pression pour chasser le liquide des fils dans le réservoir K, en agissant sur le cylindre supérieur L ; M est la manivelle qui met en mouvement les crémaillères, N un ressort qui soulève les cliquets OO quand on veut, en mettant le pied sur le bras du levier P, faire descendre le châssis par son propre poids.

Q est une armature en fer sur laquelle glisse le lissoir, après qu'il se dégage du cylindre, lorsque les écheveaux qu'il porte ont été suffisamment essorés.

La fig. 3729 est l'essoreuse vue par derrière, dégagée de la caisse sur laquelle on la fixe ordinairement.

L'appareil de M. Deshayes conduit à des économies notables, par suite de la suppression des nombreuses manœuvres auxquelles on soumet les écheveaux dans la teinture par les procédés ordinaires. On supprime l'intervention des ouvriers dont l'apprentissage est long, souvent délicat, toujours coûteux ; enfin on donne à chaque brin, d'une manière régulière et rapide la nuance demandée, quelle qu'elle soit ; enfin, on con-

serve au coton son nerf et sa résistance en évitant les torsions qui machurent les brins en contact immédiat avec les chevilles dans l'essorage à l'espart.



Lorsqu'on doit teindre des pièces d'étoffes entières, ou bien elles sont disposées sur un tour mobile au-dessus de la chaudière, mû par une manivelle, ou par un moteur mécanique placé suivant la nature du bain à des hauteurs plus ou moius considérables.

Lorsqu'on craint que l'étoffe ne se crispe on l'enroule sur un cylindre de bois qui s'ajuste par ses extrémités sur deux fourches en fer assujetties sur la plateforme du fourneau. On peut encore faire usage de la machine à foularder ou à plaquer dont nous avons déjà donné la description.

On se sert pour dégorger, rincer, laver et sécher des appareils que nous avons déjà mentionnés lorsque nous avons traité du blanchiment. Nous n'aurons qu'à dire quelques mots des conditions auxquelles doivent satisfaire les étuves ou les séchoirs.

Séchoirs. — Lorsqu'on applique sur des tissus des couleurs délicates, il faut les sécher promptement; on obtient ce résultat en portant les objets teints dans les *chambres chaudes;* ce sont de vastes chambres, chauffées avec des poêles ou des courants d'air appelés, soit par des ventilateurs, soit par des foyers spéciaux, soit enfin par des calorifères à eau chaude ou à vapeur.

La chaleur doit s'y répandre uniformément, le renouvellement de l'air doit être facile et la température variable de 35 à 45 degrés suivant la nature des opérations.

Quand on a des soies à dessécher, on les suspend sur une perche mobile qu'on nomme *branloir* et qui, renouvelant l'air par agitation, hâte la dessiccation.

Lorsque la chambre chaude a la largeur suffisante (4 à 5 m.), les pièces sont étendues par les deux bouts; dans le cas contraire, le cadre qui supporte les pièces est circulaire et la pièce est alors dite en *limaçon;* elle tire ce nom de la forme spirale qu'affecte l'étoffe à sécher. Comme on a besoin de soufrer quelques tissus,

et qu'on peut avoir à reprendre des tissus reteints qu'il faut épingler sur un métier, on se réserve dans deux parties de l'étuve un soufroir distinct et un emplacement libre pour le métier lui-même.

Nous ne saurions indiquer ici ni le nombre ni la forme des instruments spéciaux que le teinturier doit avoir sous la main, mais il faut surtout qu'il soit muni de thermomètres et d'aréomètres qui lui serviront à régler d'une part la température de ses bains, et d'autre part la force des décoctions ou des bouillons.

Pour éviter les taches que les objets teints recevraient nécessairement s'ils se trouvaient en contact avec le fer, dont l'oxydation est si facile en présence de l'humidité, tous les ustensiles destinés au transport, à l'égouttage, au dépôt des tissus doivent être en bois sain, à moins qu'on ne les établisse en pierres inattaquables aux acides. Les brouettes et les barquettes doivent être chevillées en bois sans fer; les banquettes doivent être en planches ou en maçonnerie revêtues de ciment hydraulique.

MANIPULATIONS. — Qu'on s'occupe de la teinture des laines, des soies, du lin ou du chanvre, les manipulations qu'il faut leur faire subir sont à peu près les mêmes, et les seules différences qu'on remarque tiennent plus à l'état sous lequel se présente la matière textile, flocons, toison, fils ou tissus. On appelle *mise* la partie qu'il faut teindre.

Si la laine est en toison ou en flocons, on peut l'enfermer dans des filets à fortes mailles qui forment un paquet; on pose sur la chaudière une espèce d'échelle très-large dont les échelons sont fort rapprochés, et l'on y met la laine pour l'égoutter, l'éventer, ou pour la changer de bain.

Nous avons dit comment on opérait lorsque la teinture s'effectue sur des écheveaux; on passe des bâtons dans chacun des écheveaux qu'on manœuvre plus ou moins rapidement. En raison des besoins de l'opération, suivant que le mélange ou le feutrage des fils est plus ou moins facile, on les tord plus ou moins, on en fait des chaînes, des paquets, etc. On fait tremper, en les tournant sur des bâtons placés en travers des chaudières, pour que chaque portion plonge à son tour, les fils soutenus par ces bâtons qu'on nomme *lissoirs.*

Lorsqu'on teint les tissus et les fils, il faut les tordre pour exprimer l'excédant du bain maintenu par imbibition et capillarité. On se sert d'une pièce de bois cylindrique scellée par un bout dans un mur, simplement enclavée quelquefois dans la mortaise d'un poteau et qu'on nomme *espart.* La tête de l'espart est arrondie et polie.

On appelle *brevet* l'addition faite à un bain de composition déterminée des matières qui lui donnent ses qualités; on se sert d'un *râble* pour opérer le mélange du bain, et pour maintenir en suspension les résidus insolubles qui se déposent au fond des cuves.

Nous en savons assez maintenant pour décrire les manipulations générales auxquelles donnent lieu les opérations de la teinture. Ces opérations ne sont ni difficiles ni compliquées; elles ont pour objet de mettre la substance qu'on veut teindre au contact des matières colorantes qui sont en dissolution dans le bain, de faire concourir les actions de l'air, de la lumière, de la chaleur soit à la fixation du principe utile, soit à leur développement, soit à leur éclat, et d'éliminer avec soin celles qui sont nuisibles et qui par conséquent n'ont pas été fixées.

Lorsqu'on opère la teinture sur les étoffes tissées, qu'on a plusieurs pièces entières, on les enroule sur le tour dont nous avons déjà parlé. On commence par enrouler sur le tour le commencement de l'étoffe, le faisant tourner promptement, on le charge d'une pièce, ou de

plusieurs pièces réunies bout à bout, si le tissu n'est ni trop lourd ni trop épais. On le tourne ensuite à contre-sens pour que la partie plongée la première le soit la dernière à la seconde immersion, et que par là la teinture soit aussi régulière qu'il est possible. Il arrive souvent que pour des pièces qui absorbent facilement la couleur et qui sont teintes en foncé, on se borne à passer l'étoffe en boyau sur le tour qui n'est plus cylindrique mais à section polygonale, et qu'on fait agir comme lissoir. Le mouvement que reçoit le tour ou trinquet fait plonger alternativement dans le bain toutes les parties de la pièce ou des pièces qui sont réunies.

L'art de la teinture comme la plupart des industries possède son langage d'atelier qu'il faut connaître et sur lequel il faut s'entendre; nous donnerons actuellement, pour abréger les descriptions qui vont suivre, l'explication de la plupart des termes employés dans le plus grand nombre des teintureries des villes. Nous les classerons par ordre alphabétique.

A ces termes nous en ajouterons d'autres qui représentent chacune des phases diverses par lesquelles la matière à teindre doit passer.

Abattre la mise, c'est faire descendre la fibre, tissu, fil ou flocon dans le bain; cette même expression sert encore pour indiquer l'opération pendant laquelle on retire la fibre du bain de teinture, avant de l'éventer.

Apprêter, c'est communiquer aux articles à teindre plus d'affinité pour les substances colorantes au moyen des mordants; ce sont des intermédiaires tendant à les unir, à les combiner chimiquement en plus grande quantité avec plus de solidité; c'est, en un mot, chercher par des intermédiaires spéciaux à rendre les couleurs plus belles, plus intenses et surtout plus fixes.

Nous ne saurions encore parler actuellement d'une autre sorte d'apprêts qui ne s'appliquent que lorsque le tissu est confectionné; ils ont pour but de lui donner une fermeté, un brillant, un coup d'œil favorables à la vente, comme de le disposer et de le plier afin de le conserver et transporter plus facilement.

Les apprêts qui procèdent du mordançage, et dont nous avons déjà fait connaître l'utilité sous le nom de *mordants organiques*, sont de plusieurs sortes : on distingue depuis longtemps, selon les termes de l'atelier, des *apprêts gras* et des *apprêts maigres*.

On range parmi les premiers : les bains *animalisés* (bains *bis*, bains de *fiente*), les bains *huileux;* (blancs ou jaunes), et les *sickious* on classe dans les seconds : les bains *alcalins* et les bains *astringents* (de galle, sumac, cachou, nona, dividivi, etc.).

Il serait plus convenable, dans l'état actuel de l'art de la teinture, d'étendre cette division et de distinguer comme nous l'avons proposé les *apprêts gras* : 1° bains animalisés; 2° bains sickious; 3° bains blancs; 4° bains jaunes, qui ne se donnent qu'après des bains astringents et des mordants, et les *apprêts maigres ;* 5° les astringents, comme les bains de galle, etc., qui en général dans les ateliers sont connus sous le nom d'*engallage*, quoiqu'ils ne soient que très-rarement préparés avec la noix de galle seule ; 6° les apprêts résineux, nouvellement introduits et utilement appliqués avant plusieurs teintures métalliques ; chacun de ces apprêts sera conséquemment indiqué à l'article teinture de chaque différente couleur, puisque en effet ils varient de nature, de propriétés, de force et de nombre, selon le genre et l'espèce, le ton et la qualité des couleurs, soit grand teint, bon teint et petit teint. Il est bien entendu que ces trois grandes divisions de la qualité du teint ont des intermédiaires qui résulteront de la superposition de nuances de teints différents ; on donnera, par exemple, *un pied de bon teint* dans quelques procédés de bon marché, pour finir en petit teint.

Aviver, c'est soumettre à certaines opérations les étoffes quand elles ont subi l'action des bains colorants; il est extrêmement rare qu'une teinture n'ait pas besoin au moins d'une opération ultérieure pour être belle, pour acquérir toute sa pureté, ou pour être échantillonnée rigoureusement; tantôt il faut la débarrasser, indépendamment de ce que les mordants peuvent avoir apporté, du dissolvant même de la substance colorante fixée; tantôt il faut vivifier cette substance même, alliée naturellement à d'autres principes, et souvent il faut le concours de plusieurs opérations instantanées ou successives pour arriver à ce résultat; l'ensemble de ces opérations se nomme *avivage*. Les lavages et rinçages ne font qu'enlever les parties les plus grossières non fixées et les résidus insolubles qui salissent l'étoffe teinte.

Pour choisir un exemple que nous emprunterons à l'industrie du garançage (teinture en rouge de garance), il reste toujours aux teints de garance une nuance fauve qui absorbe en partie, qui cache, couvre et ternit la couleur rouge principale; et lorsqu'on fait usage de certains mordants, la séparation de ces deux couleurs est un problème hérissé de difficultés.

La partie fauve de la garance ne peut pas s'enlever par l'action seule des alcalis, de l'avivage ; il faut y joindre et y faire concourir aussi l'action des acides, et le *rosage* est nécessaire pour en débarraser et purger pour ainsi dire complétement la couleur; cette opération est le complément de l'avivage; ces deux opérations, dans ce cas, sont inséparables, et elles concourent mutuellement à la perfection de la couleur que la première prépare, prédispose, et que la seconde finit. L'avivage se termine par le rosage; il comprend l'intervention d'un acide ou d'un sel acide, agissant sur les couleurs grand teint du moins, par une action spéciale au sel d'étain ou d'un acide sur la couleur débarrassée des principes fugaces que contient la racine de garance; comme ce mot l'indique, on a donné plus d'extension à cette expression technique.

Cheviller, c'est tordre à la cheville, c'est-à-dire exprimer par torsion autour de l'*espart* la partie du liquide qui n'a pris que par capillarité l'adhérence avec la fibre textile.

On sait aussi que le travail des soies exige une opération particulière à laquelle on donne le nom de *chevillage*. Le chevillage consiste dans une sorte de traction à laquelle on soumet les écheveaux après la teinture pour les rendre lisses; on opère généralement sur des matteaux pesant de 4 à 500 gr.; avec plus on risquerait d'altérer la soie par suite des efforts qu'il faudrait exercer sur un diamètre trop considérable.

Pour cheviller à la main, l'écheveau passé dans la cheville est enroulé sur lui-même tordu, détordu et tordu de nouveau, quand on a déplacé les points en contact avec la cheville. C'est un travail excessivement pénible, qu'on n'avait fait que de main d'homme jusqu'à ces dernières années, et qui s'exécute maintenant mécaniquement, au moyen d'un appareil ingénieux que j'ai vu fonctionner à Lyon dans plusieurs teintureries importantes. Je dois à l'obligeance de M. Guinon de pouvoir donner un aperçu du mécanisme au moyen duquel on remplace le travail de 10 hommes. Le travail dure de 2 à 6 minutes; pour les soies cuites, il n'est que de 2 à 3 minutes; pour les soies simplement assouplies, il dure de 5 à 6 minutes.

On doit à M. Guinon de Lyon la disposition qui permet d'éviter à l'ouvrier une manœuvre excessivement fatigante, quand il faut enlever ou retirer les soies chevillées, ou quand il faut soulever le poids de 100 kil. pour rapprocher les chevilles et passer une nouvelle série de matteaux.

Le dessin d'autre part représente (fig. 3730) l'ensemble du mécanisme; les organes qui concourent à son fonctionnement peuvent être essentiellement variables. A

est une cheville horizontale en acier poli tournant autour d'un axe; elle est placée immédiatement au-dessus d'une seconde cheville B coudée, pouvant recevoir un mouvement de rotation autour d'un axe vertical. Ce mouvement permet à l'écheveau pris entre les deux chevilles de se tordre sur lui-même; l'effet de la torsion raccourcit le fil; la cheville B peut donc s'élever en entraînant un poids de 100 kil. C, qui remplace l'effort musculaire de l'homme. Huit systèmes de chevilles semblables sont juxtaposés et forment une sorte de batterie. La figure ci-dessous n'en représente que six, faute de place. Les chevilles enfermées sont mises en mouvement au moyen d'une crémaillère horizontale D, animée d'un mouvement de va-et-vient qui communique à la tige verticale le mouvement circulaire alternatif devant faire monter et descendre le poids en tordant la soie sur elle-même.

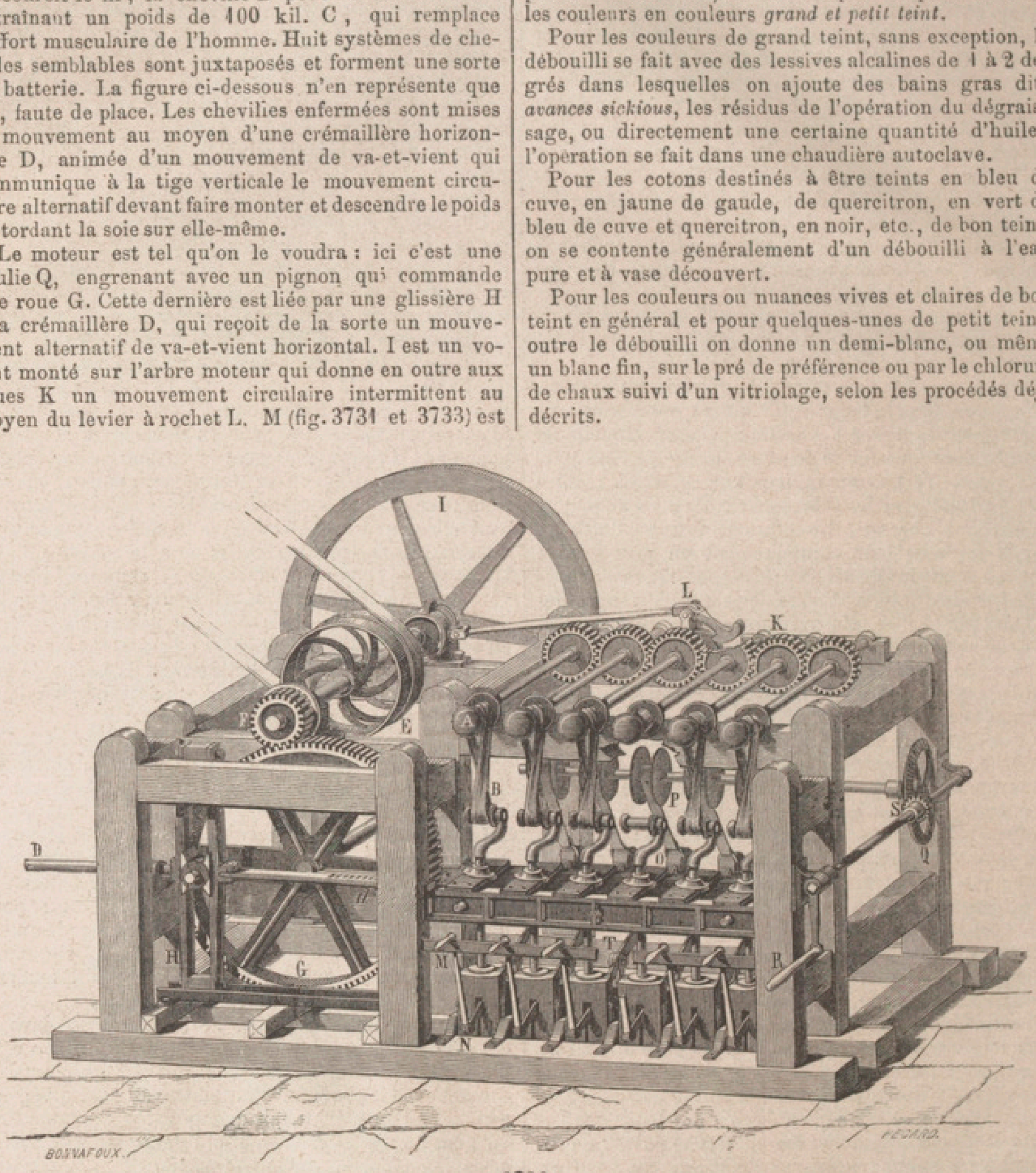
Le moteur est tel qu'on le voudra : ici c'est une poulie Q, engrenant avec un pignon qui commande une roue G. Cette dernière est liée par une glissière H à la crémaillère D, qui reçoit de la sorte un mouvement alternatif de va-et-vient horizontal. I est un volant monté sur l'arbre moteur qui donne en outre aux roues K un mouvement circulaire intermittent au moyen du levier à rochet L. M (fig. 3731 et 3733) est

Débouillir, c'est traiter pour les préparer à la teinture les fibres textiles qu'on doit immerger dans les bains colorants; on distingue dans la pratique en grand, des débouillis variables avec la nature de la teinture qu'on veut appliquer au coton filé; mais à titre plu général *débouilli* se dit de certains liquides de com position déterminée, à l'aide desquels on pourra classer les couleurs en couleurs *grand et petit teint*.

Pour les couleurs de grand teint, sans exception, le débouilli se fait avec des lessives alcalines de 1 à 2 degrés dans lesquelles on ajoute des bains gras dits *avances sickious*, les résidus de l'opération du dégraissage, ou directement une certaine quantité d'huile; l'opération se fait dans une chaudière autoclave.

Pour les cotons destinés à être teints en bleu de cuve, en jaune de gaude, de quercitron, en vert de bleu de cuve et quercitron, en noir, etc., de bon teint, on se contente généralement d'un débouilli à l'eau pure et à vase découvert.

Pour les couleurs ou nuances vives et claires de bon teint en général et pour quelques-unes de petit teint, outre le débouilli on donne un demi-blanc, ou même un blanc fin, sur le pré de préférence ou par le chlorure de chaux suivi d'un vitriolage, selon les procédés déjà décrits.



3730.

une poignée assemblée au point N, avec un levier tournant au point T, chargé à son extrémité d'un contrepoids O; en élevant le point N, le galet V tourne sur son axe et relève le poids dont l'effort est diminué par la masse O. Cette dernière est manœuvrée facilement et sans effort au moyen d'une corde et d'un tambour P de la roue Q et de la manivelle R qui met en mouvement un pignon monté sur l'arbre S. U représente le pignon que commande la crémaillère.

Les figures 3732 et 3734 font voir le détail des chevilles inférieures avec leurs poids et les galets qui sont logés dans leur intérieur. Dans toutes ces figures les mêmes lettres désignent les mêmes organes ou les mêmes parties des mêmes organes.

Dégorger, ou *dégommer*, c'est enlever à l'étoffe ce qui n'y est pas bien intimement combiné et qui contrarierait dans l'opération de la teinture proprement dite. Il y a divers bains de dégorgeage; le principal en teinture de coton, en écheveaux et en grand teint est le bain alcalin et huileux de fiente de mouton. Pour dégorger ou dégommer les mordants en indiennes on emploie plutôt la bouse de vache; de là le nom de *bouser*, synonyme de passer en *bouse*.

Voyez l'article BOUSAGE de ce Dictionnaire. Pour la teinture en général, il y a d'autres agents, d'autres bains, qui remplissent le même but sur les diverses préparations et suivant le teint qu'on veut préparer. Ainsi les teinturiers distinguent, savoir: pour le grand et le

bon teint, les bains blancs, les sels, la décoction de sumac, etc., l'eau de chaux, le phosphate de soude et de chaux (*sel à bouser*), la craie, etc. D'autres sont plus spécialement affectés aux petits teints, tels que : 1° le bain faible du teint; 2° l'eau tiède; 3° le son; 4° l'eau de savon légère, etc.

Disborder, c'est enlever la soie d'un bain de teinture ou d'eau de savon pour la laver; on donne le nom de *disbordure* à la petite quantité l'eau dont on se sert pour effectuer le lavage.

Donner un brevet, c'est ajouter au bain des matières nouvelles.

Donner un bouillon, c'est amener par une passe l'étoffe à l'état de tissu mordancé. Dans les opérations de garançage, on appelle *bouillon* le bain de mordant, alumineux ou ferrugineux; on nomme *rougie* le bain de garance.

Donner une passe, c'est immerger une étoffe, un écheveau, un fil même, dans un bain de teinture ou dans une préparation métallique, lorsque la teinture exige pour être complète deux ou plusieurs immersions ; on obtient ainsi les bleus, les noirs etc., par deux, trois ou quatre *passes*.

Donner un pied, c'est donner une première teinture à des étoffes ou des fils qui doivent être rechargés d'une autre nuance pour obtenir une couleur composée binaire. Les noirs grand teint reçoivent ainsi généralement un *premier pied de bleu* de cuve.

Éventer la mise, c'est battre la mise, la mettre en contact avec l'air atmosphérique, en l'agitant le plus possible pour renouveler les surfaces et développer les réactions dans lesquelles l'oxygène doit intervenir.

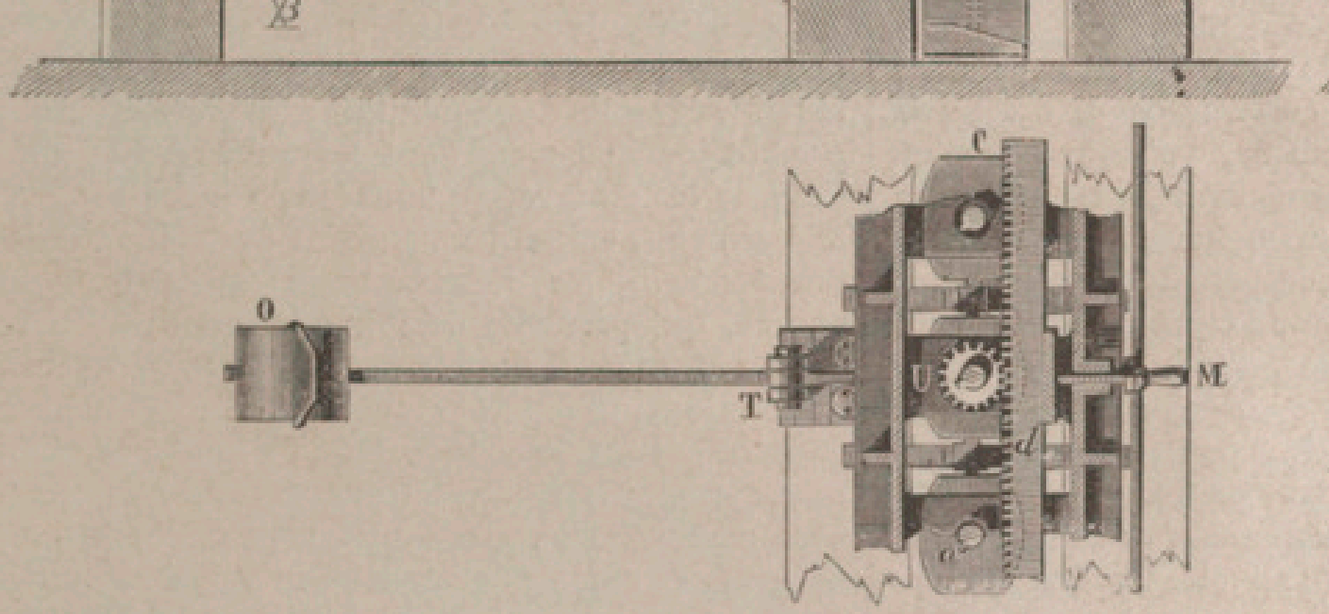
Lisser, c'est faire tourner les fils à teindre en les faisant glisser sur les lissoirs pour mettre alternativement toute la longueur des fils en contact avec les bains ou les bouillons.

Mordancer, c'est préparer en les immergeant dans un bain convenablement composé les tissus qui ne se chargeraient pas de couleur lorsque cette couleur exige pour se fixer le concours d'un intermédiaire. Nous ne reviendrons pas sur la signification de cette expression qui, comme nous l'avons déjà dit, ne peint pas à l'esprit d'une manière exacte les phénomènes qui se passent pendant l'immersion ou l'acte de la teinture.

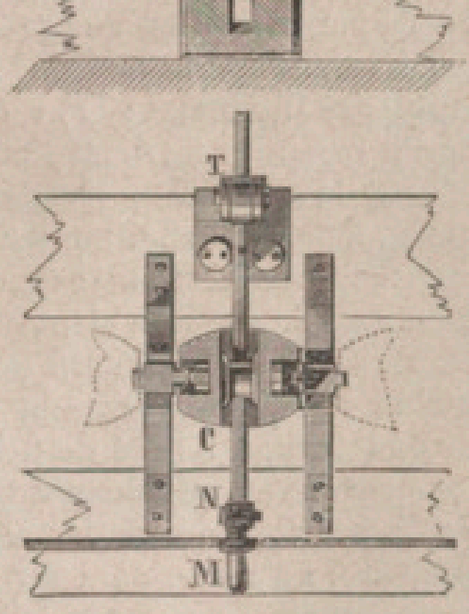
Pallier, c'est remuer avec le râble le dépôt qui se forme quand on ajoute au bain un nouveau dosage pour former un tout homogène; on pallie souvent un bain dans lequel on n'a rien ajouté pour éviter que le marc ne s'attache à la cuve et n'occasionne des soubresauts.

Rouger, c'est enlever au moyen d'une composition alcaline, acide, dégageant du chlore ou cédant de l'oxygène une couleur déposée sur un tissu. C'est agir avec beaucoup plus d'énergie qu'on ne le fait pour *virer*, ou pour débouillir. Bien que cette expression de rongeant, synonyme d'altérant, d'enlevage, soit plus usitée dans l'impression sur étoffes, on s'en sert souvent pour la teinture proprement dite; elle devient synonyme alors de débouillir. On enlève par les altérants les couleurs des tissus qu'on reporte à la teinture pour en modifier la nuance. Les bains de chaux pour quelques couleurs métalliques, les chlorures de potasse, de soude et d'ammoniaque, les acides oxalique, tartrique, citrique, acétique, etc., sont employés comme *rongeants*. Leur degré de concentration est proportionnel à leur force, et tel rongeant étendu ne sert que pour blanchir

3731.



3732.



3733.

3734.

un tissu garancé, lorsque, plus concentré, il produit des enlevages.

L'acide hypochloreux libre peut être employé dans ces conditions, si l'on tient compte de la décomposition de l'hypochlorite de chaux en présence des sels de zinc.

En décomposant un équivalent d'hypochlorite calcique par un quart, un demi, ou un équivalent entier de sulfate zincique, on obtient un liquide d'une force blanchissante de plus en plus énergique, et qui finit par présenter tous les caractères d'une solution d'acide hypochloreux pur.

Les tissus passés dans ce bain dilué s'y blanchissent parfaitement sans que la nuance des rouges et des roses se ternisse; ils paraissent, au contraire, s'y aviver. Cette méthode est de beaucoup préférable à celle proposée par M. Steinbach, il y a quelques années seulement. Lorsqu'on applique une solution d'hypochlorite de chaux sur les pièces à blanchir, et qu'on les sèche ensuite sur des tambours chauffés à la vapeur pour convertir le sel en chlorate et chlorure, on arrête une action ultérieure; mais cette nouvelle application à l'art de blanchir les tissus garancés offre l'inconvénient de brunir sensiblement les rouges et les roses.

Roser, c'est porter au rose, et en généralisant éclaircir, vivifier, développer, exalter une couleur bon teint ou petit teint. On emploie quelquefois aussi par analogie ce terme pour désigner l'action du savon seul, employé directement après l'avivage.

Roser une étoffe ou toute autre matière à teindre, c'est changer le ton jaune d'une couleur rouge en une nuance qui tire davantage sur le cramoisi ou sur la couleur des roses.

Sickiouter se dit de l'opération par laquelle on passe une étoffe dans un bain de *sickious*, résidus des bains d'apprêts huileux des grands teints; ce nom vient des schettys indiens. Cette opération se fait quelquefois après le garançage dans le but de préparer à l'avivage; ce bain a nécessairement une réaction alcaline.

Teindre, proprement dit, s'entend de l'opération spéciale et bien distincte, au moins en grand teint, par laquelle on applique la substance colorante sur l'étoffe préparée par les opérations précédentes.

Ces diverses opérations, on le sait, ne sont cependant pas toujours distinctes; dans certains cas il n'y a pas d'apprêts organiques; dans d'autres, il n'y a pas de mordançage; la teinture se confond avec le mordançage quand le mordant fonctionne lui-même comme matière colorante; dans certains cas, de petit teint par exemple, on met immédiatement le mordant avec le bain colorant, quoiqu'en général on puisse prouver qu'il y aurait un avantage réel, pour épuiser parfaitement les bains de teinture, à faire de même que pour les grands teints, ces opérations séparément, ou d'après un certain mode de pratique qui ne les confonde pas absolument. La teinture, au reste, peut être simple, lorsque la couleur est simple, double ou triple, lorsque la couleur est composée, et suivant les cas, chaque teinture devra ou pourra nécessiter les opérations antérieures et postérieures à la teinture proprement dite. Nous ajouterons, pour compléter l'ensemble des observations qu'il convient de présenter ici, qu'il est souvent indispensable d'apporter à la succession des passes quelques modifications en raison seulement de la nuance ou de la teinte qu'on veut produire; il est facile de prévoir que pour une nuance très-claire toutes ces opérations doivent être un peu différentes de celles convenables pour une nuance très-foncée. C'est ainsi qu'un mordant faible bien lavé n'a besoin que d'un dégorgeage faible, et qu'on peut même s'en passer. C'est ainsi que de faibles apprêts ne suffisent pas pour une teinture corsée et que de forts apprêts sont inutiles pour des couleurs légères; de même, les proportions des principes actifs du bain

doivent être nécessairement augmentées et diminuées par les mêmes motifs; les liquides employés pour *aviver*, *roser* ou *virer* les teintes faibles, un lilas clair par exemple, n'ont pas besoin d'autant de force, *du même degré*, et du *même bouillon*, que pour les nuances fortes, un violet pur et un plus foncé; ce sont des observations de pratique auxquelles on pourrait en joindre quelques autres, qu'il serait impossible même de résumer ici, mais qui conduisent au succès complet des opérations.

Virer, c'est modifier par un dissolvant faible ou non la nuance que la teinture présente quand elle ne correspond pas à l'échantillon donné. Le virage opère une sorte de conversion. Le bain qui le produit a pour but, presque exclusivement dans les petits teints, de modifier la couleur directement par un sel avec excès de base ou d'acide pour l'amener soit à la nuance, soit au ton donné; ainsi, par exemple, en passant une couleur jaune de gaude dans un bain acide, on la détruit en apparence, elle devient blanche; mais en observant que la couleur n'est nullement enlevée du tissu, qu'elle n'est que virée, et qu'en passant dans un bain alcalin, le jaune reparaîtrait très-intense, on voit là l'exemple d'une nuance mixte où trop de jaune dominant sur l'échantillon peut être viré proportionnellement par un acide pour la ramener au ton demandé.

L'alunage qu'on donne à quelques couleurs de grand teint, après un avivage et même après un rosage, sur les couleurs puce, palliacat, mordoré, girofliée, mauve, etc., fait encore l'effet d'un bain de virage, utile ici pour échantillonner; il s'applique aussi comme rosage et comme mordant; l'alunage, dans les dispositions convenables, a aussi la propriété d'augmenter le poids du coton, et on le donne encore quelquefois en vue de cette seule spéculation par question d'économie.

§ XIII. De la teinture

considérée sous le rapport des procédés pratiques qu'elle met en usage.

Les détails dans lesquels nous venons d'entrer vont nous permettre d'exposer rapidement les opérations de la teinture en les appliquant aux diverses nuances qu'on produit journellement dans les ateliers. Les manipulations de la teinture, quoique peu variées et paraissant très-simples, exigent néanmoins des soins particuliers, une surveillance incessante et un coup d'œil très-exercé, qui permette de juger les qualités du bain, la température, la force, le degré d'appauvrissement des dissolutions, d'éliminer toutes les circonstances qui causeraient des inégalités dans les nuances, de déterminer avec précision si les nuances qui sortent du bain sont conformes à celles qui servent d'échantillon, enfin de graduer entre une série de nuances les différences que le commerce et la mode imposent au fabricant.

Pour échantillonner, il faut une très-grande habitude, et si cette opération, déjà difficile pour les lainages, offre de bien grands obstacles pour les couleurs claires, il faut un œil bien exercé pour juger sur soie et sur coton les couleurs foncées rabattues, surtout celles qui ne prennent leurs tons qu'après un avivage nécessité par les matières tinctoriales employées.

Appliquons actuellement les connaissances que nous avons acquises aux procédés de teinture applicables à la laine, à la soie et au coton.

Il nous semble inutile de donner dans cet article de nombreux dosages; il faudrait, pour répondre à tous les cas de la pratique, entrer dans des détails extrêmement multipliés et peu utiles. Nous ne nous occuperons en ce moment que des dosages usités pour la teinture de la soie, de la laine et coton, qu'au-

tant qu'elles seront nécessaires à l'exposé des méthodes.

Nous devons ajouter, d'ailleurs, comme réserve s'appliquant aux diverses recettes, que leur efficacité dépend en général de la mise en pratique des tours de main et de la qualité des matières colorantes employées.

Les tours de main connus des ouvriers ne se décrivent pas, et telle indication suffisamment précise pour celui qui sait, pour l'homme du métier, est obscure et souvent incomplète pour celui qui n'est pas initié. Dans tous les cas, les prescriptions que nous donnerons ne doivent être considérées que comme des exemples dont il convient de ne pas trop s'écarter pour obtenir une couleur donnée.

1. TEINTURE EN ROUGE.

La couleur rouge, comme nous l'avons vu, s'obtient avec différentes matières prises dans le règne végétal ou dans le règne animal ; quelques-unes sont empruntées aux matières préparées artificiellement. Les rouges tirés de ces diverses substances varient dans leur teinte suivant leur origine et celle de la matière qui les fournit. On n'a pu jusqu'à ce jour les remplacer l'un par l'autre, en préparant au moyen de toutes les matières tinctoriales rouges une couleur uniforme.

Garance.

Lorsqu'on se sert de garance, toutes les opérations doivent être soignées, et de plus la qualité de la garance, sa provenance, parfaitement connue; tantôt, en effet, elle donne des nuances d'un rouge très-vif, tantôt, au contraire, elle ne produit que des nuances à reflets violacés ou jaunâtres, qui ne sont acceptables ni les uns ni les autres. Des observations précises ont permis d'expliquer ces effets et la richesse comparative des diverses garances; nous allons les résumer d'après M. Persoz.

La garance doit être envisagée sous le point de vue de son origine, sous celui de son âge et sous celui des altérations qu'elle a pu subir. Il est admis aujourd'hui qu'en employant pour une teinture en garance l'eau distillée d'une part, et de l'autre une garance provenant de terrains siliceux, on n'obtiendra pas de couleurs solides; tandis que la même garance, traitée par des quantités convenables de carbonate de chaux, ou mêlée d'une garance provenant de terrains calcaires, donnera les teintes les plus vives et les plus capables de résister aux agents atmosphériques lorsqu'on y aura recours pour aviver et blanchir les couleurs garancées. La craie semble un élément indispensable à la teinture en garance.

Entre les garances Paluds qui sont calcaires et celles d'Alsace qui ne le sont pas, il se trouve un grand nombre d'intermédiaires dont on n'aurait pas à s'occuper, s'il était possible, sans dépense inutile, de dépasser certaines limites dans la proportion de craie qu'il faut ajouter aux bains; mais il est constant que la craie fait fonction de base et qu'elle appauvrit le bain en précipitant à l'état de laque une quantité considérable de l'élément utile. Il faut donc tenir compte et de la craie que contient la garance et de celle qu'apportent les eaux dont on fait usage.

En ce qui concerne l'âge, il résulte d'observations anciennes que les garances d'un certain âge sont plus favorables à la teinture que les garances récemment récoltées. Il faut faire intervenir le développement des racines.

Lorsque les eaux dont on fait usage sont pures naturellement ou proviennent de la condensation des machines à vapeur, comme on s'en sert généralement pour alimenter les bains de teinture, cet élément n'a que peu d'importance; mais il n'en est plus de même lorsque ce liquide se trouve mêlé de substances salines provenant du sol qu'il traverse pour arriver au jour. Quand les eaux sont chargées de calcaire à l'état de bicarbonate, on les en dépouille ou par l'ébullition ou par l'addition d'une quantité de chaux égale à celle que contient le bicarbonate, ou par une addition de potasse et de soude, ou par du son de froment, ou par une petite quantité d'acide sulfurique ou d'acide oxalique. S'il y a tout à la fois du bicarbonate de chaux et du chlorure de calcium, l'addition de la potasse précipite toute la chaux; il se forme d'abord du carbonate de chaux et du carbonate de potasse qui, réagissant sur le chlorure de calcium, forme du chlorure de potassium et du carbonate de chaux; il s'ajoute au carbonate de chaux provenant du bicarbonate primitif. Il faut éviter cependant l'excès de carbonate de potasse. Si tout le sel n'est pas précipité par l'addition de la potasse, on peut, et c'est préférable, ajouter une certaine quantité de savon. Ce moyen est plus dispendieux.

Le mieux est dans beaucoup de cas de mettre la garance en présence de matières qui possèdent, comme les principes colorants de la garance, la propriété de précipiter la chaux, mais qui n'ont pas une aussi grande valeur; c'est ainsi qu'on explique l'addition du sumac et du quercitron.

Lorsque la chaux est à l'état de sulfate, on s'en débarrasse au moyen du carbonate de potasse ou de soude, qui par double échange forme du sulfate alcalin et du carbonate de chaux.

La magnésie se comporte à l'égard des réactifs que nous venons d'indiquer, comme à l'égard de la teinture, exactement de la même manière; il est donc facile d'en dépouiller l'eau; d'ailleurs, on sait que les eaux magnésiennes se présentent beaucoup plus rarement que les eaux calcaires.

Au point de vue de la teinture en rouge au moyen de la garance, le fer est un des éléments les plus nuisibles, car non-seulement il appauvrit les bains, mais il altère et fait grisonner les teintures; on s'en débarrasse par le phosphate de fer ou par la crème de tartre; il est indispensable de surveiller avec attention les eaux même les meilleures, qui par suite de crues accidentelles peuvent charrier ou dissoudre quelque peu d'oxyde de fer.

On a cherché par des expériences directes à se rendre compte de l'action qu'exerce la craie dans les opérations du garançage, lorsqu'elle a pour effet d'ajouter à la garance d'Alsace un pouvoir qu'elle n'a pas par elle-même; on s'est demandé si ce corps sature un acide dont l'existence est signalée dans le garançage, ou s'il devient partie intégrante de la combinaison colorée qui se combine avec le tissu lui-même. M. Persoz n'admet pas que la première raison soit sérieuse, car s'il n'y avait qu'un acide à saturer, tout autre corps que la chaux conduirait au même résultat; or l'expérience prouve qu'il n'en est pas ainsi. Au surplus, il a prouvé que dans l'acte du garançage il y a, lorsqu'on ajoute de la craie, fixation d'une certaine quantité de chaux qu'on retrouve dans les cendres, avant comme après l'avivage.

Non-seulement la chaux est remarquable par la nature de son action sur les bains de teinture, mais même les acides et les alcalis ont une influence très-notable; elle est en sens contraire de celle que la chaux paraît exercer. D'après des essais publiés dans le *Bulletin de la Société de Mulhouse*, les alcalis diminuent le rendement des garances et les acides nitrique, acétique, etc., en font autant. Quant aux oxydes, il est remarquable, comme M. Schlumberger l'a déjà fait voir, que l'oxyde, l'hydrate et le carbonate de cuivre, annulent complétement le pouvoir colorant d'une garance.

Il est digne de remarque que les acides cependant redonnent une certaine force à des bains de garance épuisés, lorsque ces acides, comme les acides sulfu-

TEINTURE.

rique, oxalique forment des sels calcaires insolubles. Il est vraisemblable d'admettre que le bain se charge d'un précipité de chaux avec la matière colorante, et que cette dernière ne se trouve mise à nu que par le déplacement qui résulte de l'addition de l'acide.

Le garançage proprement dit se compose d'opérations distinctes, le bouillon et la rougie. On pratique le bousage sur calicot et l'avivage sur toute teinture de garance. L'opération est quelquefois simple; la première teinture prend le nom de *retirage*, et la seconde celui de *garançage proprement dit*. Cependant cette distinction ne se fait pas toujours, parce que le fabricant a tout intérêt à rechercher une économie de main-d'œuvre.

Il ne faut pas élever à l'ébullition la température de la rougie, c'est-à-dire le bain de garance, car on a remarqué qu'avec la chaleur, le principe jaune se fixait sur la laine. En supposant qu'on ait à teindre de la laine en flocons, on compose le bouillon de la manière suivante, en prenant 100 kilogr. de laine pour base du calcul, 25 kilogr. d'alun, 6 kilogr. de tartre. Quand la matière est dissoute, on plonge la laine pendant trois heures dans la chaudière, qu'on amène progressivement à l'ébullition, puis on la place, après l'avoir lavée, dans des barques ou paniers, pour qu'elle reste sept à huit jours dans un endroit humide et fermé. Il faut éviter un excès de tartre qui ferait jaunir.

Pour faire la rougie, on mettra 50 kilogr. de garance d'Avignon extra-fine. On *pallie*, puis on plonge la laine qu'on mène et qu'on mouille également. On lave avec soin pour éliminer les parties ligneuses qui se fixeraient entre les filaments. On ajoute au garançage quelques kilogrammes de composition d'écarlate pour faire virer au rouge et donner à la teinture, en même temps que de l'éclat, de la solidité.

Lorsqu'on travaille sur des pièces, le bouillon, pour une pièce de 20 mètres qui pèse de 18 à 20 kilogr., contient 3.5 kilogr. d'alun et 1 kilogr. de tartre.

On fait bouillir pendant trois heures, on évente et on porte à la cave. La rougie se fait avec 6 kilogr. de garance et 1 kilogr. de composition d'écarlate; on mène vivement les pièces pour qu'elles ne soient pas tachées. On met beaucoup moins de garance que dans le cas de la teinture en toison, parce que la couleur, ne pénétrant que peu dans l'intérieur des fils, n'entraîne pas une aussi grande consommation. Nous avons cité cet exemple, qui est général, pour faire comprendre ce qui est déjà dit dans l'article de ce Dictionnaire.

Teinture de la soie. — D'après M. Guhlich, on obtient avec la garance une très-belle teinture en rouge en prenant pour 1 kilog. de soie 122 gr. d'alun et 30 gr. de dissolution d'étain. On laisse reposer la liqueur et on décante. On immerge la soie qu'on ne laisse séjourner que 12 heures. On a fait d'autre part une dissolution de garance avec 2 à 3 gr. bouillie dans une infusion de noix de galle. On maintient pendant une heure le bain à 60°, puis on porte à l'ébullition en donnant 5 à 6 bouillons pendant 2 minutes environ; on enlève la soie qu'il suffit de laver à grande eau pour la faire sécher au soleil. Cette couleur est vive, éclatante, solide comme le rouge d'Andrinople. L'alun peut être remplacé par une dissolution de fer qui donne une teinte violette très-riche. On peut lui donner plus d'éclat en l'avivant au moyen d'une teinture au brésil qu'on ajoute à la soie préparée par le sel d'étain, comme nous allons le dire.

Bois de Brésil.

Le rouge produit par le bois de Brésil s'applique aux étoffes communes ou tout au moins à celles pour lesquelles on ne peut exiger une grande stabilité. Les acides le font jaunir et les alcalis le font bleuir. On ne peut employer le bois en nature; l'usage est d'en faire une décoction qui permette d'obtenir des nuances vives et nourries. Il est d'usage aussi de conserver ces décoctions dans des cuves; car il est constant que le temps améliore le principe colorant contenu dans le bois de Brésil en augmentant son pouvoir tinctorial.

D'après M. Chevreul on obtient un très-beau rouge sur laine (rouge *amarante*), avec le bois de Brésil en opérant de la manière suivante: pour 10 kil. de laine, on monte la chaudière avec 2,400 gr. d'alun et 1,200 gr. de crème de tartre; on y manœuvre pendant 2 heures, on lève et on évente. On monte un bain neuf avec du brésil, puis on y lisse la laine pendant un quart d'heure à la température de 60°. Lorsque la nuance est au point voulu, conforme à l'échantillon, on lève, et on met de côté les 2/3 du bain qu'on soutire par un robinet, ou bien qu'on puise avec une poche; on refroidit avec de l'eau pure qu'on ajoute au bain pour remplacer le liquide qu'on a rejeté: on fait violeter la nuance avec de l'urine chargée d'ammoniaque. On lisse de nouveau, on lève et on lave.

Teinture de la soie. — Berthollet a fait connaître un dosage pour teindre la soie dans la nuance rouge *cramoisi* dont on s'éloigne peu même encore aujourd'hui; d'après les dosages qu'il a donnés, on prend de la soie cuite à raison de 20 parties de savon pour 100 de soie. L'alunage n'a pas besoin d'être aussi fort que pour le cramoisi solide qu'on obtient de la cochenille. On lave à la rivière et on lisse dans un bain de brésil d'une puissance déterminée par la nuance qu'on veut obtenir. Lorsqu'on a fait usage d'eau pure, de condensation de machine à vapeur, débarrassée de sels calcaires, la couleur est trop rouge, on la fait bleuir en passant la soie dans un bain légèrement alcalin ou même en lissant dans le bain additionné d'un peu de potasse. On peut encore laver dans une eau naturellement dure, jusqu'à ce que la nuance voulue ait été produite.

Pour préparer des cramoisis foncés ou bruns, on ajoute à la décoction de brésil une infusion de campêche, après que la soie a reçu un premier passage en brésil, puis on y mêle même un peu de carbonate alcalin, selon la nuance qu'on veut obtenir.

Murexide.

L'emploi de la murexide pour colorer les tissus ne date, ainsi que nous l'avons dit, que de quelques années, et l'application de cette nouvelle matière colorante, qui peut être regardée comme une conquête toute moderne, n'a pas été sans être accompagnée de nombreuses difficultés, tant dans ses rapports avec la teinture proprement dite que dans ceux qu'elle présente actuellement avec l'art d'imprimer les étoffes. Nous n'aurons pas occasion de revenir sur l'article IMPRESSION pour étoffes, très-complet dans le premier volume du Dictionnaire; nous étudierons donc, en parlant des couleurs nouvelles que la science a fournies à l'industrie, les conditions qui permettent d'appliquer à l'impression ces matières encore peu répandues.

La murexide, ou *carmin de pourpre*, ne se fixe sur les matières textiles, soie, laine, coton, fil que par l'intermédiaire des oxydes métalliques, capables de former avec ce composé des laques colorées, de véritables *purpurates* insolubles.

Les meilleurs résultats obtenus jusqu'à ce jour dans la pratique ont été fournis par l'emploi des sels de mercure pour les nuances rouges et pourpres, et par les sels de zinc pour les nuances oranges et jaunes. Il paraît indifférent de procéder comme pour les noirs en préparant d'abord avec les sels et teignant ensuite, ou bien en teignant d'abord et fixant après; il est même possible encore d'effectuer le mélange des deux matières, de filtrer et de faire passer le tissu qui s'empare de la

loque au moment de sa formation au contact de la fibre. Par exemple, on teint la soie en pourpre, lorsque après avoir mélangé de la murexide et du sublimé corrosif, on lisse la soie dans la dissolution ; la fibre textile absorbe la matière colorante en prenant une nuance plus ou moins foncée, suivant qu'elle a séjourné plus ou moins longtemps dans le bain limpide plus ou moins concentré.

Pour teindre la laine en pourpre, on la mordance d'abord avec un sel de mercure, soit du sublimé corrosif additionné d'acide oxalique, soit du sulfate de mercure, soit du tartrate double de mercure et de potasse, préparé par l'ébullition du bioxyde de mercure avec de la crème de tartre.

A ces sels il faut ajouter, à cause de l'action réductrice de la laine, un corps oxydant, tel que l'eau de chlore, du chlorure de chaux, du perchlorure ou de l'oxychlorure d'étain. Après la préparation et le lavage de la laine, on la teint dans un bain de murexide, soit seule, soit mélangée d'un sel alcalin, comme, par exemple, d'oxalate de soude.

Pour teindre en jaune on remplace les sels de mercure par ceux de zinc.

On peut faire usage des mêmes procédés pour fixer les produits d'oxydation encore incolores de l'acide urique, comme, par exemple, l'alloxane, l'alloxantine ou la simple dissolution de l'acide urique dans l'acide nitrique. Les tissus qui en sont imprégnés acquièrent une nuance rouge lorsqu'on les soumet à une température un peu élevée (par un courant d'air chaud, par le contact avec un métal chauffé, etc.). Pour fixer cette couleur, on passe la toile à travers un bain de sel de mercure ou de zinc.

Les produits d'oxydation incolores de l'acide urique se prêtent, suivant M. Broomman, assez facilement à la production de genres enluminés.

On teint, par exemple, une toile de coton en uni ; on ronge ensuite la murexide au moyen de rongeants simples ou de rongeants mordants, qui, étant teints plus tard dans un bain d'une autre matière colorante, peuvent produire des dessins blancs, verts, noirs, jaunes, etc.

Au moyen d'une solution de murexide et de divers sels métalliques, on peut préparer différentes laques insolubles ou très-peu solubles, dont plusieurs présentent des teintes extrêmement vives et variées. Complétons les notions générales que nous venons d'exposer par des exemples pris dans la teinture en murexide de la laine, de la soie et du coton. Nous les empruntons aux communications publiées par le *Répertoire de chimie*, 1re année.

Teinture de la laine. — Les essais publiés jusqu'ici pour la teinture de la laine en murexide ont donné des résultats très-tardifs. Les meilleurs sont dus à M. Wurtz, directeur d'une fabrique de produits chimiques à Leipzig, qui les obtint en se servant de murexide préparée par MM. Depouilly frères et Cie de Paris, en suivant le procédé breveté de ces inventeurs.

On commence par nettoyer à fond les fils ou tissus de laine en leur donnant successivement des bains tièdes de carbonate de soude et de savon assez concentrés.

Ce nettoyage est tellement indispensable pour l'obtention de belles nuances, qu'il faut y porter la plus grande attention et employer des solutions alcalines aussi fortes que peut les supporter sans être altérée la fibre animale.

La laine, bien lavée, égouttée, éventée, est ensuite introduite dans le bain de teinture qu'on compose de la manière suivante :

Sur 42 kil. de laine :

Eau.	350 litres.
Murexide en poudre.	500 gr.
Nitrate de plomb. . .	15,000 gr.

On délaye et dissout la murexide dans une partie d'eau tiède avant de la verser dans la chaudière ; d'un autre côté, on dissout le nitrate de plomb dans 30 à 35 litres d'eau bouillante ; on verse la solution dans la chaudière et on y introduit immédiatement la laine. La teinture ne s'effectue pas immédiatement, la combinaison de la laque et du tissu est très-lente

La température du bain ne doit pas dépasser 28 degrés centigrades ; on le laisse refroidir peu à peu, graduellement. La laine doit y séjourner pendant quinze ou vingt heures.

On la retire, on la rince légèrement et on la fait passer dans le bain d'avivage et de fixage, dans lequel elle séjourne de cinq à sept heures, suivant que la nuance doit être plus ou moins bleuâtre.

Ce bain d'avivage, qui est toujours froid, se compose de :

Eau.	400 litres.
Sublimé corrosif. . . .	1 kilog.
Acétate de soude. . . .	3 kilog.

Après la teinture d'une partie de laine, une autre partie ayant le même poids peut être teinte de la même nuance, si l'on ajoute aux bains les trois quarts des matières primitivement employées.

D'après M. Depouilly, la murexide peut teindre la laine en cramoisi, mais cette dernière nuance demande des soins particuliers ; la laine doit être préparée convenablement. Après avoir été bien blanchie et lavée, on finit par la faire passer dans un bain d'eau de chlore très-faible. Ce passage en chlore la rend un peu jaunâtre, mais cette légère coloration ne produit point d'effet nuisible à la teinture.

On donne un premier bouillon dans une solution aqueuse de sublimé corrosif et d'acide oxalique, renfermant 1 p. 100 de sel de mercure. On lave et on teint dans une simple dissolution de murexide dans l'eau.

On peut aussi procéder de la manière suivante : On pèse des quantités égales de murexide et de carbonate de soude dans de l'eau à 60 degrés centigrades ; on dissout d'abord le carbonate de soude, puis la matière colorante rouge. On rend ensuite le bain acide par l'addition d'acide oxalique, ou mieux encore, de bioxalate de potasse, puisqu'il faut éviter d'avoir un bain trop acide, qui ne se conserve pas bien ; on teint à chaud à 60 ou 70 degrés centigrades.

Enfin, l'on peut aussi imprégner la laine d'une solution assez concentrée de murexide, l'exprimer fortement et la laisser sécher à l'air ; on l'introduit ensuite dans un bain qui marque au thermomètre 40 à 50 degrés, et qui renferme :

Eau.	10 kil.
Sublimé.	60 gr.
Acétate de soude . . .	75 gr.

Teinture de la soie. — M. Depouilly donne les recettes suivantes pour teindre en pourpre ou en cramoisi. On chauffe de l'eau à 80 ou 90 degrés centigrades et on y dissout environ 5 p. 100 de son poids de murexide. D'un autre côté, on prépare un bain de solution aqueuse de sublimé corrosif (4 p. 100 du poids de l'eau), qu'on acidule par de l'acide acétique. Ce bain doit être parfaitement clair et limpide.

On ajoute à la solution froide de la matière colorante une quantité du bain de sublimé équivalente à trois fois le poids de carmin de pourpre employé. On teint à froid et en agitant continuellement la soie et le bain coloré, jusqu'à ce qu'on soit arrivé à la nuance désirée.

On avive ensuite dans une solution aqueuse froide

TEINTURE.

de sublimé, renfermant 3 p. 100 de ce sel : cet avivage est très-important, puisqu'il donne de l'éclat à la couleur; on lave ensuite très-exactement, et la nuance reste d'autant plus belle que le lavage a été plus parfait.

On peut opérer d'une autre manière, qui est surtout employée pour la teinture des tissus en soie de Chine.

On dissout dans de l'eau tiède autant d'acide oxalique qu'elle peut en retenir; dans cette solution on introduit le carmin de pourpre, et dès qu'il est dissous on y verse immédiatement le bain de sublimé corrosif, composé d'après les préparations indiquées plus haut; on teint à froid.

Toute l'opération doit être exécutée avec une grande rapidité, parce que l'acide oxalique peut réagir sur le carmin de pourpre et le détruire, au moins en partie, si l'on attend trop longtemps avant d'ajouter le chlorure mercurique. Un passage en eau de savon, à 80° centigrades et renfermant en savon 30 p. 100 du poids de la soie, fait virer la couleur au cramoisi violacé.

Pour réussir dans de pareilles préparations, il est nécessaire d'employer une murexide de bonne qualité, comme celle que MM. Depouilly préparent.

Pour teindre la soie en jaune, on opère comme précédemment; seulement, au lieu de sublimé corrosif, on emploie environ la même quantité d'un sel de zinc quelconque, pourvu qu'il soit aussi neutre que possible. Après la teinture, on passe la soie dans une solution de carbonate de soude tellement faible qu'elle marque à peine à l'aréomètre, et on finit par un lavage des plus soignés.

Impressions en murexide. — L'application de la murexide dans l'impression des laines présente des difficultés toutes particulières, cette matière colorante ne supportant pas le vaporisage et ne pouvant par conséquent point être imprimée conjointement avec d'autres couleurs-vapeurs. M. Th. Wurtz annonce cependant avoir réussi à préparer des laques de murexide qui permettent d'imprimer sur laine, conjointement avec d'autres couleurs, la pourpre dans toutes les nuances, depuis le pourpre foncé jusqu'au rose clair le plus vif.

La murexide est employée pour l'impression sur coton; voici, d'après M. Kopp, la méthode proposée par M. Lauth : on commence par fixer sur le tissu de l'oxyde de plomb, soit en plaquant en acétate de plomb, séchant et passant dans une solution d'ammoniaque caustique, soit en passant dans la cuve au plombate de chaux (solution d'oxyde de plomb dans de l'eau de chaux). En teignant ensuite dans un bain de murexide, on obtient une combinaison de la matière colorante avec l'oxyde de plomb. Mais ce purpurate de plomb fixé sur le tissu ne présentant par lui-même une nuance ni suffisamment belle, ni suffisamment vive, il faut encore le transformer en purpurate de mercure. On y arrive en plongeant le tissu dans un bain renfermant 1 à 1,5 p. 100 de nitrate mercurique, de sublimé corrosif, ou d'un mélange de ces deux sels, avec addition d'une certaine quantité d'acétate de soude.

Pour l'impression, on prépare une couleur en épaississant du nitrate de plomb à chaud et ajoutant ensuite à froid une quantité de murexide suffisante pour obtenir la nuance désirée. On imprime, on sèche et on passe le tissu dans un bain avivant et fixant, renfermant par hectolitre d'eau 1/2 kilog. de sublimé corrosif et 1 kilog. d'acétate de soude, plus une certaine quantité d'acide acétique. D'après quelques fabricants, il est utile, après l'impression, de maintenir le tissu pendant plusieurs heures dans un endroit un peu humide, et de le faire passer ensuite à travers une chambre chauffée à 70° centigrades, et dans laquelle on fait dégager du gaz ammoniac; le passage à travers cette chambre doit être rapide : il ne faut pas qu'il dépasse une minute.

La beauté de la nuance, sa vivacité dépendent de la pureté de la murexide employée et du peu d'élévation de la température qu'elle a subie pour être fixée.

M. Kopp nous a fait connaître un second procédé. M. de Kurrer emploie la murexide en poudre ou en pâte; il procède de la manière suivante.

On prépare d'abord la couleur d'impression.

Dans 72 litres d'eau bouillante on dissout 24 kilog. de nitrate de plomb, et lorsque la solution s'est refroidie jusqu'à 62° centigrades, on y incorpore 5 kilog. de murexide sèche en poudre ou 15 kilog. de murexide en pâte en même temps que 36 kilog. de gomme pulvérisée. Le tout étant très-homogène, on fait passer à travers une toile ou un tamis fin, et on laisse refroidir la couleur qui est prête à être imprimée.

Après l'impression, les toiles sont suspendues dans un local humide, jusqu'à ce que les places imprimées se soient ramollies, puis on procède à la fixation du purpurate plombique au moyen de l'ammoniaque. A cet effet, on suspend les toiles pendant une heure dans une chambre dans laquelle le gaz ammoniac se dégage graduellement d'un mélange de chaux vive et de sel ammoniac.

Les toiles, après avoir été soumises à l'action du gaz ammoniac, sont ensuite passées par le bain de sublimé corrosif, composé de 2,600 gr. de sublimé dissous dans 1,500 litres d'eau. A cet effet, on attache trois pièces bout à bout (la pièce ayant en moyenne 45 mètres de longueur sur 1 mètre 20 de largeur), et on les manœuvre au moyen du tourniquet dans le bain chauffé. Pour trois nouvelles pièces il faut ajouter au bain chaque fois environ 100 gr. de sublimé corrosif. Si les pièces sont peu chargées, le bain peut servir avec ces additions successives de sublimé au passage de trente pièces; mais si celles-ci étaient chargées de grands dessins, il faudrait renouveler le bain après le passage de vingt pièces.

En opérant de cette manière, on obtient des impressions d'un rouge pourpre très-brillant. Pour obtenir des nuances plus claires, on n'a qu'à étendre la couleur d'impression avec du bain de gomme pure en quantité plus ou moins considérable.

Les couleurs de murexide imprimées de cette manière sur coton supportent un savonnage à 60° centigrades sans grand préjudice et peuvent même être chlorées au roulcau; mais elles ne supportent point le vaporisage, ce qui empêche d'associer la murexide aux couleurs-vapeurs ordinairement employées pour l'enluminage.

Sur toiles teintes en nuances unies par la murexide, on peut produire des dessins en modifiant la combinaison colorante au moyen d'agents oxydants ou réducteurs.

En imprimant, par exemple, un sel de zinc acide, on produit des dessins orange; avec un sel stanneux on obtient des dessins gris.

D'un autre côté, en appliquant la murexide sur toiles teintes en bleu d'indigo, un peu clair, on obtient des dessins violets, et sur une toile jaune des dessins orange très-vifs.

Sur tissus de soie ou de laine teints en murexide, on peut faire apparaître des dessins jaunes en imprimant de l'acide picrique additionné d'un acide capable de détruire la murexide.

On peut préparer une couleur d'application sur coton en ajoutant à 1 litre de la couleur au nitrate de plomb 32 gr. de sublimé corrosif et autant d'acétate de soude dissous chacun dans 250 centimètres cubes d'eau bouillante. Cette couleur ne peut être appliquée qu'avec des planches ou des rouleaux de bois, les rouleaux métalliques décomposant le sublimé et altérant la nuance. Les toiles imprimées sont suspendues et éventées

pendant trois à quatre jours et lavées ensuite dans de l'eau courante.

Après le passage des pièces dans le bain de sublimé, on les suspend dans de l'eau courante, et l'on finit par le passage dans l'acétate de soude.

Le bain d'acétate de soude se compose de 3,000 litres d'eau renfermant en dissolution 1 kilog. d'acétate de soude et 1 kilog. de sel ammoniac.

Dans ce bain, on agite ensemble dix pièces pendant vingt minutes; on les retire, on les rince dans l'eau courante, on les exprime dans l'hydro-extracteur, et on les fait enfin sécher à la température ordinaire; dix nouvelles pièces sont traitées dans le même bain après qu'on y a fait dissoudre préalablement 1 kilog. d'acétate de soude.

Carthame.

Le prix élevé du carthame fait surtout réserver cette matière pour la teinture de la soie; au reste, rien de plus facile que de faire cette teinture, lorsque le carthame dont on fait usage est convenablement préparé.

Teinture de la soie. — Le carthame se combine avec la soie sans aucune préparation; l'acide carthamique est, sans contredit, l'une des matières tinctoriales les plus faciles à manier; son affinité pour la soie et le coton est telle, qu'il suffit de plonger ces matières dans une eau qui tient en suspension ce principe nouvellement précipité pour qu'elles se colorent immédiatement en un beau rose brillant.

Si l'on veut avoir des nuances très-délicates sur soie, il faut d'abord appliquer la couleur sur le coton, le laver avec soin, puis dissoudre le rose dans le carbonate de soude; il reste en contact avec le coton un principe colorant, jaune ou jaunâtre, dont la dissolution est dépouillée. Le carthamate alcalin est ensuite décomposé par un acide faible comme le jus de citron, en présence des écheveaux de soie sur lesquels on veut transporter la couleur. On obtient ainsi des roses plus purs, plus brillants, plus unis.

On peut obtenir avec le carthame la couleur *ponceau*. Il suffit de faire des passes successives jusqu'à ce que la soie cesse d'enlever au bain de la matière colorante. C'est ainsi qu'on prépare le ton le plus haut que l'on puisse préparer avec le carthame. On suit la même marche pour les cerises foncés et les nacarats; mais, en pareil cas, il faut donner un pied de rocou. Au surplus, la cochenille donne facilement sur soie les couleurs les plus vives.

Cochenille.

Les plus beaux tons rouges qu'on puisse obtenir sur laine portent le nom d'écarlate; ils ont un reflet jaune; les écarlates à reflet rouge sont connus sous le nom de ponceau. L'emploi de la cochenille est basé sur la propriété que possède la matière colorante de la cochenille de se fixer avec la dissolution de tartre ou de protochlorure d'étain. Les compositions d'étain ont, à cause de cette propriété, reçu dans l'industrie le nom de composition d'écarlate, ou même simplement d'écarlate. La préparation de ces couleurs exige, comme les autres teintures en rouge, deux opérations successives, le *bouillon* et la *rougie*. On doit choisir de l'eau pure pour le bouillon, ou du moins aussi pure que possible; on doit éviter les sels métalliques dont le plus grave inconvénient serait d'altérer la nuance. On doit se servir de bassines d'étain pour la rougie; cependant on peut faire usage de caisses de cuivre, si l'on a soin, par de fortes cordes, de maintenir les objets à teindre pour les empêcher de prendre contact avec la chaudière elle-même.

Le bouillon contient toujours une première dose de cochenille; cette précaution est indispensable pour les couleurs foncées. Lorsque le bain est préparé pour le bouillon, on y verse la dose convenable de tartre et de cochenille, c'est-à-dire pour 50 kilog. de drap, 3 kilog. tartre, 250 gr. cochenille, 250 gr. composition d'étain. On passe les pièces et on les mène pendant un quart d'heure. On ralentit et on laisse bouillir pendant une heure et demie. On lave à l'eau courante les pièces préparées par ce bouillon. On prépare un nouveau bain, dans lequel on jette à l'ébullition 2 kilog. 750 de cochenille qui vient former à la surface une sorte d'écume lie de vin. Quand cette écume crève, on rafraîchit le bain pour y passer les pièces; quelques minutes avant, on avait versé la composition d'étain sous le poids de 7 kilogrammes.

Le ton jaune de l'écarlate semble provenir de la destruction d'une partie du principe colorant rouge par suite du contact avec l'acide tartrique, ou l'acide chlorhydrique; on la regarde à ce titre comme très-coûteuse; on a cherché s'il n'y aurait pas moyen de l'obtenir avec économie par l'addition d'un principe jaune; les essais ne réussissent guère que pour les étoffes grossières. Les matières colorantes jaunes sont alors le fustet ou le curcuma; ils conduisent à des tons faux et rabattus. Quand on fait usage du fustet, on l'introduit sous le poids d'un kilogramme dans le bouillon dont les doses ont été données plus haut. Quand on fait usage du curcuma, c'est généralement avec la rougie qu'on l'introduit; dans les deux cas, on cherche l'économie de la matière coûteuse, de la cochenille, en la remplaçant pendant le travail; on diminue les doses de tartre et de composition d'étain.

Teinture des laines en écheveaux. — Comme on ne peut redouter l'inexactitude des dosages donnés par M. Chevreul, directeur des teintures aux Gobelins, nous emprunterons à ses communications désintéressées les procédés et dosages dont on se sert dans les ateliers qu'il dirige au grand honneur des sciences appliquées.

On prépare sur laine avec la cochenille, indépendamment de l'écarlate, du ponceau, du rose, de la couleur groseille, de l'amarante.

Pour teindre en ponceau pour 10 kilog. de laine en écheveau, la chaudière étant à l'ébullition, on la monte avec 600 gr. de solution d'étain pour l'écarlate, 600 gr. de crème de tartre, 100 gr. de cochenille moulue, et 100 gr. de curcuma en poudre. On y lisse les écheveaux pendant une heure et demie; on lève les laines, puis on les lave à l'eau courante. Voilà pour le bouillon.

La rougie se compose de 600 gr. de dissolution d'étain pour l'écarlate, de 200 gr. de crème de tartre, et 900 gr. de cochenille moulue. On lisse le bouillon jusqu'à la nuance; on lève et on lave à l'eau courante.

Pour les roses à la cochenille, toujours pour 10 kil. de laine, préalablement blanchie à l'acide sulfureux, puisque la nuance est très-claire, on monte le bain avec de l'eau qu'on a fait bouillir, mais dont la température n'est plus qu'à 50 degrés; on a fait dissoudre au bouillon 1 kilog. de crème de tartre et 250 gr. d'alun. On ajoute plus ou moins de cochenille ammoniacale, suivant la puissance de la nuance qu'on veut préparer; on lisse la laine le plus promptement possible; plus la manœuvre est rapide, plus la couleur est éclatante.

Pour teindre en groseille, on monte le bain avec 2 kilog. de crème de tartre, 1 kilog. d'alun et 1 kilog. de cochenille ammoniacale; la quantité de cochenille est, du reste, variable avec la nuance plus ou moins foncée qu'on veut préparer, et jusqu'à laquelle on mène la laine au bouillon, ce qui peut durer de une heure à une heure et demie. On lève, puis on rince à l'eau courante.

Pour obtenir l'amarante, on monte la cuve avec 2,400 gr. d'alun, 1,200 gr. de crème de tartre, on manœuvre pendant deux heures sur le bouillon; on lève et on évente; on fait bouillir dans le bain pendant un

quart d'heure 1 kilog. de cochenille moulue; on arrête le bouillon; on entre les laines, qu'on lisse pendant une heure. Pour assurer la nuance, on donne un bouillon pendant un quart d'heure; on lève, on évente, puis on lave à l'eau courante.

Lake-dye.

On allie souvent à la cochenille le lake-dye. On opère au moyen de deux bains distincts. Pour obtenir la couleur ponceau, supposant qu'on veuille teindre 10 kil. de laine, on garnit la chaudière avec 1,200 gr. de dissolution d'étain pour écarlate, 1,200 gr. de crème de tartre, 100 gr. de cochenille en poudre, 100 gr. de curcuma pulvérisé; on lisse pendant environ une heure, on lève et on rince. On remonte ensuite le même bain avec 1,200 gr. de dissolution d'étain, 400 gr. de crème de tartre, 1,250 gr. de lake-dye pulvérisé; on lisse encore les laines pendant trois quarts d'heure; on soutire le bain; on lave de suite pour éloigner la matière résinoïde que cette substance tinctoriale contient en quantité notable.

On monte à neuf la chaudière avec 600 gr. de dissolution d'étain, 200 gr. de crème de tartre et 250 gr. de cochenille moulue; on lisse au bouillon pendant une heure environ, ou mieux tant que la nuance n'est pas obtenue; on lève, puis on rince à l'eau bouillante.

Kermès.

Lorsqu'on fait usage du kermès pour teindre la laine on distingue deux opérations, le bouillon et la rougie; on se sert pour le bouillon de la même composition que pour l'alunage de la laine. La rougie comporte en kermès les 2/3 du poids de la laine et quelquefois même le poids exact lorsque la graine n'est pas nouvelle. On mène la mise jusqu'à ce qu'on soit à la hauteur que l'on désire. La couleur que le kermès communique à la laine a moins d'éclat que celle que la cochenille reçoit après qu'on la fait monter avec les sels d'étain. On a pendant longtemps nommé l'écarlate au kermès *écarlate de graine*, parce qu'on confondait cet insecte avec une graine.

On nomme écarlate semi-graine la couleur obtenue par l'emploi simultané du kermès et de la garance. Ce mélange fournit une couleur très-solide, mais qui n'a pas tout l'éclat qu'on peut désirer. Le kermès donne néanmoins des teintes roses assez jolies; il est regrettable que son emploi ne soit pas plus répandu de nos jours.

Fuchsine.

La plus belle coloration rouge qu'on connaisse aujourd'hui s'obtient sur soie par la matière colorante extraite de l'aniline par MM. Renard frères, de Lyon, d'après les observations de M. Verguin. Aucune matière colorante à ma connaissance, dit M. Chevreul, n'est comparable à la fuchsine pour l'éclat, l'intensité et la pureté de la couleur. Avant la fuchsine, c'était la carthamine qui donnait le plus beau rose.

Aucune teinture, si ce n'est la carthamine, ne donne plus facilement tout ce qu'on en attend. Il n'y a de précaution à prendre qu'avec certaines variétés d'origine déterminée, comme l'azaléine, qui sont accompagnées, pendant la transformation de l'aniline sous l'influence des agents transformateurs, d'un excès de sels d'aniline ou de matières résineuses qu'il faut éliminer avec soin.

Un bouillon dans une certaine quantité d'eau, puis une filtration dans une chausse de laine, telles sont les précautions qui suffisent pour donner un bain convenable.

Quand on se sert de l'azaléine, on obtient généralement une nuance un peu plus violacée qu'avec la fuchsine de M. Renard; nous avons déjà dit que cette circonstance tient non pas à ce que la matière colorante est différente, mais bien à ce qu'elle est accompagnée d'indisine ou d'un autre principe bleu différent de l'indisine et de la fuchsine.

La coloration de la laine et de la soie se fait sans préparation : cependant généralement on ajoute au bain un peu d'acide tartrique pour aviver la nuance. On n'opère pas au-dessus de 50 à 60 degrés centigrades; on mène vivement jusqu'à ce qu'on ait obtenu la nuance désirée.

Nos appréciations, au sujet du brevet de M. Renard, ont été vivement critiquées dans l'*Industriel alsacien* (21 octobre 1860).

Ces attaques, dont la forme semblerait dévoiler des intérêts froissés, me prouvent que les experts ont touché juste. Le document dont je parle se termine d'ailleurs par des conclusions qui ne tendent rien moins qu'à consacrer les droits de M. Renard et frères, de Lyon. Ni M. Perkin, au premier jour, ni M. Hoffmann, actuellement, ne revendiquent pour eux l'honneur de la découverte du fait capital industriel que M. Verguin a le premier observé, et que MM. Renard ont appliqué. Tant que ces chimistes n'auront pas parlé, je persisterai dans mon opinion qui n'a rien de fâcheux pour leur mérite, savoir : que M. Hoffmann n'avait pas attaché la moindre importance aux colorations qu'il avait observées, colorations en dehors des recherches qu'il poursuivait, et que M. Perkin n'avait pas eu l'occasion de voir la coloration rouge dont on lui a tout d'abord attribué la découverte.

2. Teinture en violet.

Orseille.

On sait qu'il est très-facile d'obtenir avec l'orseille la magnifique teinture violette amarante qu'elle est susceptible de donner. Il suffit, en effet, pour opérer une teinture, de délayer dans un bain d'eau tiède la quantité d'orseille qu'on juge nécessaire pour la quantité de laine ou de soie sur laquelle on veut opérer. On chauffe ensuite le bain dans lequel on peut ajouter un peu de dissolution d'étain en portant la température dans les environs de 90 à 95 degrés, on mène la mise autant de temps qu'il en faut pour arriver au ton demandé. On n'obtient toutefois de nuances agréables sur laine que celles qui sont assez foncées.

En rappelant une ancienne observation d'Hellot, savoir, que l'orseille à laquelle on ajoute une petite quantité de sel d'étain devient plus solide que l'orseille pure, on se demande comment il se fait qu'on ait attendu jusqu'à ces dernières années pour fixer une couleur tellement utile en teinture, que Berthollet déplorait l'abus que les teinturiers étaient portés à faire de cet élément.

Teinture de la soie. — L'orseille seule colore la soie dans les nuances lilas; elle servait surtout autrefois pour modifier le ton de certaines teintures obtenues au moyen d'autres principes.

Pour teindre en orseille, on fait bouillir dans une chaudière ce qu'il en faut pour une quantité donnée de soie blanchie; on fait écouler toute chaude l'orseille débarrassée des impuretés qui restent au fond de la cuve de dépôt, si l'on se sert d'orseille ordinaire, et on lisse avec beaucoup de rapidité les soies dégorgées avec du savon, jusqu'à ce qu'on ait obtenu la nuance conforme à l'échantillon. On lève et on rince à la rivière.

Les diverses améliorations introduites dans la fabrication de l'orseille ont singulièrement amélioré cette teinture qui rend aujourd'hui les plus grands services pour les soieries. Nous avons déjà dit les nuances différentes que produisent MM. Guinon, Marnas et Bonnet de Lyon.

On avait déjà remarqué que la couleur gagnait en solidité, lorsqu'avant ou pendant le passage en orseille la soie avait le contact avec une dissolution d'étain.

Cette méthode permet la fixation simultanée des autres principes colorants que le sel d'étain peut rendre adhérents à la soie.

Lorsqu'on fait usage de la pourpre française avant sa précipitation sous forme de laque, il suffit, pour monter un bain de teinture, de dissoudre dans un peu d'ammoniaque et d'étendre d'une quantité convenable d'eau pure.

Lorsqu'on fait usage de la laque calcaire, on commence par mettre la matière colorante en liberté par l'addition d'un acide capable de former avec la base un composé peu ou point soluble; on a recours à l'acide sulfurique ou à l'acide oxalique.

On ajoute ensuite de l'ammoniaque pour dissoudre la matière colorante; le bain de teinture se trouve tout monté.

On peut aussi teindre directement avec la laque calcaire, pourvu qu'on ajoute au bain du carbonate d'ammoniaque. Par l'effet d'une double décomposition déterminée par l'élévation de température, l'acide carbonique s'unit à la chaux, tandis que la matière colorante entre en dissolution en se combinant avec l'ammoniaque.

Lorsqu'on veut obtenir avec la pourpre française des nuances bien pures, il est bon de blanchir d'avance à l'acide sulfureux la laine ou la soie.

En somme, on voit que rien n'est plus facile que de teindre avec la matière de M. Guinon, et comme elle résiste à l'action des acides, il en résulte qu'on peut passer les fibres teintes en pourpre dans toutes les couleurs qui ne se fixent que par les acides, et arriver à produire ainsi les effets les plus variés. M. Persoz a fait connaître qu'en l'associant au carthame on obtient des nuances fleur de pêcher, groseille, rose des Alpes, qui ne laissent rien à désirer; les échantillons que M. Guinon a bien voulu mettre à ma disposition démontrent qu'en l'associant à l'indigotate de soude, elle peut produire toutes les nuances violettes jusqu'au bleu violacé. Les avantages de l'orseille solide ne se bornent pas à la teinture; on peut s'en servir pour l'impression, en préparant une laque avec l'alumine. On la dissout dans l'acide acétique, on ajoute un peu de magnésie, on épaissit à l'albumine, puis on vaporise après l'impression.

Mais il existe une méthode plus rapide, qui consiste, suivant la nature des tissus, à imprimer simplement un mélange d'albumine et de matière colorante, et à dessécher; on peut encore imprimer de l'albumine seule, la faire sécher, et passer ensuite le tissu dans un bain de pourpre française, monté comme on l'a vu. Les parties chargées d'albumine se teignent seules: l'albumine fait fonction de mordant organique.

Indisine, aniléine.

Nous avons déjà dit tout l'intérêt qui s'attache à la production du nouveau violet d'aniline; nous avons fait connaître les conditions les plus avantageuses dans lesquelles s'effectue son application au coton. Ce perfectionnement dans l'art de la teinture a mis en relief l'importance des mordants organiques. Depuis les travaux d'Hausmann sur la valeur des mordants, de nombreuses applications en ont été faites, et l'albumine a servi pour fixer l'orseille d'abord, le violet d'aniline ensuite. M. Barreswill cite ce fait intéressant que, dès 1847, M. Dollfus-Ausset de la maison Dollfus-Mieg a fait imprimer de l'albumine préalablement dissoute dans l'eau et additionnée d'une petite quantité d'huile, pour donner à l'étoffe une certaine souplesse que ne possède plus le tissu lorsque l'albumine est coagulée. En supposant une impression en uni on teint dans un bain d'orseille; en sortant du bain on vire en passant la couleur dans un bain d'eau de chaux faible.

L'emploi du violet d'aniline en teinture repose sur

la même préparation, et c'est, d'après M. Barreswill, à l'année 1847 qu'il faut faire remonter la première application des principes posés par Hausmann dans son travail sur les mordants organiques.

L'albumine s'emploie pour la fabrication du violet d'aniline de trois manières différentes. C'est surtout comme impression qu'on en fait usage à Mulhouse. Trois maisons semblent se disputer l'honneur de ce perfectionnement remarquable. M. Dollfus-Mieg, MM. Kœchlin frères et Steinbach-Kœchlin; enfin M. Perkin prend sa part dans la priorité.

Le procédé le plus direct consiste à épaissir la dissolution d'indisine avec de l'albumine. Ce serait la méthode la plus simple, donnant les résultats les plus convenables par rapport à la solidité de la teinture, si le précipité que forment les deux principes pouvait être divisé, et si le tamisage ne conduisait pas à des pertes considérables.

Le second procédé consiste à préparer le tissu par une eau d'albumine; on imprime ensuite la dissolution de l'aniléine sur les tissus préparés. Cette méthode fournit les nuances les plus transparentes et les plus unies. On ne peut lui opposer que les inconvénients de la roideur que prend l'étoffe, et les difficultés de l'enluminage par rentrures.

Une troisième méthode, très-ingénieuse, consiste à teindre dans la dissolution d'aniléine l'étoffe imprimée préalablement en albumine; on blanchit ensuite les fonds au moyen du chlorure de chaux.

3. Teinture en bleu.

Bois de Campêche.

On emploie le campêche pour teindre en bleu la laine et la soie, pour obtenir des nuances violettes ou noires, enfin pour *remonter* un pied léger de bleu solide ou de cuve.

On donne aux bleus de campêche le nom de *bleus faux;* ces couleurs, du reste, à part les inconvénients de leur peu de solidité, offrent de grands avantages à cause de la facilité de leur exécution.

On commence par donner un bouillon, composé, par exemple, pour 100 kilog. de laine, de 4 kilog. d'alun et 200 gr. de tartre; le bouillon dure une heure et demie; on verse dans le bain une décoction de campêche, et on précipite en bleu par le sulfate de cuivre, qui donne une nuance d'un bleu pur. On plonge la laine à l'ébullition, puis on la mène vivement pendant un quart d'heure. On lève, on évente, puis on lave. Le bleu de roi ou bleu d'enfer s'obtient au moyen de plusieurs passages. Voici les doses pour 100 kilog. de laine; on garnit le bain de 10 kilog. d'alun, 2 kilog. de tartre, 1 kilog. de vitriol bleu et des copeaux de campêche; on plonge la laine, on la mène, puis on laisse bouillir trois heures. On ajoute de nouveaux copeaux, on fait bouillir encore jusqu'à ce que la teinture ait acquis l'intensité désirée. On ajoute ordinairement de la sorte de 15 à 18 kilog. de copeaux. On fait bouillir une demi-heure, et on ajoute la laine, qu'on maintient à l'ébullition pendant une heure. On peut donner un premier pied de bleu solide. On peut donner deux ou trois passages successifs. Quelquefois, on termine par un avivage, surtout quand on ajoute du sel d'étain dans la composition. On avive par un bain qui contient 200 gr. de sulfate de cuivre par pièce de drap. On mène pendant un quart d'heure d'ébullition, on abat, on évente et on lave.

Le campêche, appliqué pour teindre la soie, est d'un usage assez répandu; la teinture se fait à la température de 30 ou 40 degrés.

La réaction du bichromate de potasse sur la décoction de bois de Campêche a conduit à des nuances nouvelles. M. Kopp, qui les a décrites, en fait le résumé suivant :

« On sait depuis longtemps, qu'en ajoutant à une décoction de bois de Campêche une petite quantité de bichromate de potasse, soit pur, soit additionné de son poids d'acide sulfurique, on obtient un liquide bleu foncé constituant une encre très-économique et pouvant servir à la teinture. Les proportions suivantes ont été indiquées pour la teinture du coton.

« A 500 litres d'extrait liquide de campêche, marquant 2 degrés Baumé, on ajoute 1,500 gr. de bichromate de potasse, préalablement dissous dans de l'eau et additionnés de 3 kilog. 1/2 d'acide chlorhydrique à 22 degrés Baumé. On plonge les toiles ou les écheveaux de fil de coton dans la liqueur, et l'on élève la température peu à peu jusqu'à l'ébullition. Le coton se teint ainsi en bleu indigo foncé, qui prend une teinte violacée, si on le sèche sans le laver préalablement; si, au contraire, on lave d'abord dans l'eau ordinaire, ce reflet violet disparaît et la nuance devient bleu noirâtre très-foncé. Cette teinture est très-économique, puisque les proportions ci-dessus indiquées peuvent servir à teindre 1,000 à 1,200 kilogrammes de coton.

On peut aussi commencer par préparer un mordant de chrome en dissolvant 1 kilogramme de bichromate de potasse dans l'eau, ajoutant 1 kilog. d'acide sulfurique, et ensuite, peu à peu, une quantité suffisante de mélasse ou de dextrine pour désoxyder l'acide chromique.

Dans ce liquide, suffisamment étendu d'eau, on mordance la toile à chaud et on la teint ensuite en campêche, ou bien l'on ajoute le mordant au bain de teinture, et l'on y plonge la toile, en élevant peu à peu la température jusqu'à 90 à 95 degrés centigrades.

Pour teindre 56 à 60 kilog. de coton, on emploie la décoction d'un poids égal de bois de Campêche, et le mordant de chrome résultant de la réduction de 67 gr. de bichromate de potasse.

La couleur est à peu près solide et résiste assez bien aux acides étendus comme aux alcalis faibles.

Indigo.

Toute la théorie de la teiuture en bleu d'indigo peut se résumer en deux mots. On plonge l'étoffe dans une dissolution d'indigo blanc, puis on l'expose au contact de l'air pour former sur la fibre textile de l'indigo bleu. L'indigo bleu se réduit dans la pratique par le contact avec un alcali.

Quelle que soit la nature de l'alcali dont on fasse usage, on opère toujours dans des bassins qui prennent le nom de *cuve*, et qui se distinguent suivant la température à laquelle on opère, suivant la nature de la fibre qu'on veut teindre en *cuves à froid* ou *cuves à chaud*. Ils ont ordinairement 3 mètres de profondeur sur 2 mètres 50 de diamètre. Cette capacité, commode pour les manipulations, s'oppose au refroidissement trop rapide de la masse totale. La cuve cylindrique est en bois ou en cuivre, l'une et l'autre matière ont leurs avantages et leurs inconvénients. On les couvre dans tous les cas; un crible en corde forme un fond fixé sur la *champagne*, dont la section est celle de la cuve; il est maintenu par des cordes et des crochets attachés sur le bord de la cuve. Pour faire la passe des écheveaux, on les suspend sur les bâtons après les avoir distribués par matteaux de poids égaux. On commence par les humecter dans l'eau chaude. Pour les étoffes, on les mouille dans l'eau tiède, on les bat et on les dispose sur la champagne; pour les flocons, on les enferme dans des filets qu'on fait descendre dans la cuve, également bouillis. Ces précautions empêchent l'air emprisonné dans la fibre sèche d'entrer dans la cuve. La manœuvre se fait pour les écheveaux en lissant, et pour les tissus en menant de la tête à la queue, puis inversement en évitant le contact de l'air. Pour faire bleuir, on tord avec un moulinet, on évente. On passe une fois, deux fois, trois fois, suivant le ton et la hauteur du ton qu'on veut obtenir.

L'appareil que M. Deshayes m'a communiqué peut être d'un emploi fort avantageux même pour la teinture en bleu de cuve des filés de coton; je l'ai vu manœuvrer dans son établissement de la Carneille (Orne). Le lissage mécanique est avantageux pour des nuances égales.

Dans la méthode ordinaire, pour éviter le refroidissement et le contact de l'air, on recouvre la cuve de son couvercle composé de deux ou trois segments égaux. Pour maintenir un bain dans sa plus grande activité, conserver l'indigo blanc en plus grande quantité possible, on *pallie* souvent; c'est l'opération la plus fatigante; il faut cependant ne passer les mises que lorsque le dépôt a gagné le fond et qu'on a replacé la champagne; cette condition est nécessaire, à moins qu'on ne veuille pas teindre en uni et qu'on cherche à faire des bleus faïencés, qu'on prépare au moyen des *cuves troubles*.

On donne à l'atelier qui renferme les cuves le nom de *guède* et les ouvriers qui dirigent la cuve s'appellent *guederons*; ces dénominations ne sont cependant pas en usage partout, car on ne les connait pas en Normandie, au moins pour la teinture des cotons filés.

Les cuves de bain sont difficiles à réchauffer; les cuves de cuivre peuvent, au contraire, subir les réchauds avec promptitude et facilité quand on juge à propos d'élever la température pour s'opposer au refroidissement qu'occasionnent le passage de l'étoffe et la durée de l'opération. Cependant les cuves de bois peuvent suffire lorsqu'on possède des serpentins destinés à conduire la vapeur pour chauffer indirectement.

Nous avons indiqué l'article de ce Dictionnaire qui mentionne les différents dosages employés pour teindre (voyez, article. INDIGO). On y trouvera décrit toute la manœuvre et le montage d'une cuve à froid, nous n'y reviendrons donc pas; cependant nous compléterons ces notions en présentant ici d'une manière sommaire les diverses cuves en usage pour les laines et les phénomènes particuliers qui servent de guide au teinturier pour connaître l'état de sa cuve. On distingue, parmi les cuves montées à l'indigo, les cuves au pastel, les cuves de vouède, les cuves de potasse, les cuves à la cendre gravelée, les cuves allemandes, les cuves d'inde. Nous étudierons principalement sur la cuve au pastel la marche de l'opération. Nous aurons peu de chose à dire pour faire comprendre en quoi les premiers diffèrent des derniers.

Cuves de pastel. — Le pastel *isatis tinctoria* contient une matière colorante bleue semblable à l'indigo, une matière colorante jaune fauve, une substance azotée coagulable par la chaleur, une autre non coagulable dans les mêmes circonstances, différents sels dont les acides sont végétaux et les bases alcalines et terreuses; il est à présumer que les matières azotées réagissent comme réducteurs et facilitent la transformation de l'indigo bleu, c'est-à-dire sa dissolution et sa décoloration.

Monter une cuve, c'est mettre l'indigo bleu maintenu suspendu dans l'eau en contact avec des matières capables de lui fournir indirectement ou directement l'hydrogène dont la fixation est accompagnée de la séparation d'un équivalent d'eau basique; il ne faut employer que des matières incapables de produire une coloration nuisible à celle de l'indigo; ces avantages sont réunis dans le pastel, le vouède, la garance. Cette dernière substance fournit une teinture violette, quand elle est en contact avec un alcali; en contact avec l'indigo, la nuance qu'elle fournit possède plus d'intensité. Elle agit en outre par l'affinité que possèdent pour l'oxygène certains de ses principes constituants.

TEINTURE.

Les cuves au pastel contiennent ordinairement, quand on travaille en grand, 40 kil. d'indigo et 40 kil. de garance; on pourrait descendre cette quantité de moitié sans trop d'inconvénient. On ajoute du son et de la gaude; mais il faut être sobre de ces éléments dont la décomposition est assez rapide; le son exciterait une fermentation putride, la gaude s'altérerait encore plus promptement: on n'en met ordinairement que 2 à 3 kil. pour les 40 kilog. d'indigo que nous venons d'indiquer. Ces additions ne sont pas indispensables.

Le pastel s'ajoute tantôt en fragments, tantôt en poussière: sous cette dernière forme il agit plus rapidement, il faut alors évidemment une surveillance plus active.

Quand le bain a subi l'ébullition nécessaire à l'opération, on ajoute le pastel, on transvase et on met 3 à 4 kil. de chaux pour dissoudre l'indigo. On pallie et on laisse déposer quatre heures, on couvre la cuve pour éviter le contact de l'air, on pallie. La cuve ne possède pas encore d'allure décidée; le bain ne possède que l'odeur des matières qu'il tient en dissolution, et qui proviennent de la garance, de la gaude et du pastel; on continue de pallier de trois heures en trois heures.

Mais au bout de vingt heures la fermentation se produit, l'odeur devient ammoniacale, le liquide prend une couleur d'un jaune fauve; de plus, une sorte d'écume bleue se forme à la surface du bain, et la nuance de l'eau, prise à l'extrémité d'un tube de verre, se colore en vert d'abord, en bleu bientôt après, si le contact de l'air est suffisamment prolongé. C'est que l'indigo contenu dans le pastel a passé dans la dissolution à l'état d'indigo bleu sous l'influence de la fermentation, et ces réactions prouvent que le bain est en état d'opérer la transformation de l'indigo qu'on pourrait y mêler. On choisit ce moment, en effet, pour ajouter l'indigo, broyé convenablement dans des moulins en fer et réduit à l'état de pâte par une porphyrisation complète, quelquefois aidée par l'addition d'une petite quantité de potasse ou de soude. Mais comme une portion de la chaux qu'on a déjà mise dans le bain est saturée par l'acide carbonique produit par la fermentation, ou par les acides qui proviennent des garances, de la gaude, par l'acide lactique qui résulte de l'altération du son, il faut en ajouter; on verse de nouveau 2 à 3 kilog. de chaux vive. L'air en sature d'ailleurs un certain poids.

L'indigo ne se dissout pas de suite; il exige, au contraire, un certain temps variable avec l'origine de la matière; l'indigo de Java demande neuf à dix heures, ceux du Bengale n'en demandent pas plus de six; après avoir ajouté l'indigo, qu'on met en même temps que la chaux, on pallie en répétant cette opération toutes les trois heures, on recouvre et on laisse reposer pour pallier encore de nouveau. La cuve doit alors prendre une teinte jaune roux foncé; elle se recouvre d'une *fleurée* bleue très-prononcée, et de plus la surface a l'aspect cuivré. On peut alors immerger les pièces; mais on a remarqué que les premières teintes sont d'une nuance moins vives que les dernières; cette différence tient à ce qu'il se fixe tout d'abord en même temps que l'indigo les principes jaunes de la garance, de la gaude, du pastel. Le coton présente moins que la laine cette teinture rabattue. Les fibres textiles ont bien vite pris tout ce qu'elles peuvent prendre au bain; il faut les exposer à l'air; l'indigo se régénère à l'état d'indigo bleu; un nouveau passage fixe une nouvelle quantité de bleu, et c'est par plusieurs passages successifs qu'on obtient les bleus les plus foncés. Pour ne pas perdre d'indigo, la marche la plus rationnelle consiste à faire les premières passes dans les cuves très-pauvres, les dernières dans les cuves montées à neuf. Un jeu de dix cuves échelonnées, composées d'une même manière, conduit à l'économie la mieux entendue, puisqu'en renouvelant une cuve tous les cinq jours pour la teinture des fils de coton, on a dix cuves de puissances différentes, la plus pauvre épuisée étant remplacée par une nouvelle qui reçoit les écheveaux montés au ton le plus élevé. L'épuisement complet d'une cuve se fait avec des écheveaux qui n'ont reçu d'autre traitement qu'un débouilli dans l'eau pure pour dégager tout l'air qu'ils contiennent à l'état sec. Au bout de cinq jours, la dernière cuve, c'est-à-dire la neuve, devient l'avant-dernière, et ainsi de suite. On prépare le bleu d'enfer par des passages répétés.

Cuves de vouède. — Le vouède est, comme le pastel, une matière qu'on ajoute en Normandie aux cuves d'indigo pour les monter rapidement. Comme cette matière renferme moins de principe colorant bleu que le pastel, on l'additionne d'une petite quantité d'indigo de Bengale. Le vouède est une plante du genre *isatis* qui, suivant les uns, constituerait une espèce distincte de l'*isatis tinctoria*, suivant d'autres, au contraire, n'en serait qu'une simple variété. On prépare la cuve de vouède comme s'il s'agissait d'une cuve de pastel. On jette dans la cuve le vouède haché, en même temps qu'on prépare un mélange formé de 1 kil. d'indigo broyé, 4 kil. de garance et 7 kil. de chaux éteinte. On verse le bain bouillant dans le vouède dont l'indigo sert à faire connaître le moment où le liquide peut dissoudre celui qu'on doit ajouter. La chaux est en excès puisqu'il n'y a pas de fermentation ammoniacale. Lorsque la cuve est en état, le liquide devient roux; on continue le travail comme nous l'avons dit pour les cuves de pastel. Les cuves de vouède passent pour donner des nuances plus vives que ces dernières. Mais elles durent moins longtemps. On voit des cuves de pastel bien dirigées dans leur action marcher avec vigueur pendant cinq ou six mois de travail.

On a modifié la cuve au pastel en y ajoutant en même temps que la chaux une certaine quantité de potasse; la cuve se monte, par exemple, avec 3 kil. d'indigo, 8 kil. de garance, 2 kil. de son, 4 kil. de chaux et 2 kil. de potasse; la cuve pleine d'eau se trouve chauffée dès le matin à 90 ou 95 degrés; on met 20 kil. de pastel dès que la température est à 50 degrés; le bouillon devient brun jaune; il apparaît de petites bulles à sa surface au bout de quatre heures, si l'on fait usage de vapeur pour échauffer, au bout de huit heures, si l'on se sert d'une cuve à foyer. On pallie toutes les trois heures; quand le bouillon répand l'odeur ammoniacale, on ajoute les matières que nous avons indiquées, mais en n'employant que 3 kil. d'indigo et 7 kil. de garance, on laisse reposer; suivant que la fermentation se décide, on ajoute de la chaux ou on n'en met pas.

Quand on a pallié de nouveau, que la chaux n'est plus qu'en quantité convenable, on verse 3 kil. d'indigo, et 1 kil. de garance; on réchauffe la cuve et on pallie. On répète cette opération plusieurs fois pendant vingt-quatre heures, et le cinquième jour on commence le travail, la cuve étant en état.

On doit maintenir la température de la cuve très-égale. Trop chaude, elle fait virer au rouge le bleu déposé, par suite de l'influence de la garance. Une cuve ainsi convenablement montée dure en général trois mois; elle peut durer davantage, mais avec l'âge, elle ne donne pas une bonne économie; car l'indigo semble disparaître. Comme le travail appauvrit le bain de toute la couleur déposée sur l'étoffe, on en ajoute de temps à autre, environ trois fois par semaine; on le met le soir vers dix heures; on pallie toutes les trois heures pendant vingt-six à quarante heures, pour que tout l'indigo puisse entrer dans la dissolution. Tous les soirs on entretient l'activité du bain par l'addition de 1 kil. 1/2 de garance. Il vaut mieux n'ajouter l'indigo que par petites parties; on en perd par une fermentation trop

TEINTURE.

active. Quand un bain est épuisé, on soutire avec des oraps tout l'indigo qu'il renferme; pendant cette opération, qu'on arrête quand il n'y a plus de teinture, on n'ajoute plus que de la garance.

On trouve ici naturellement la supériorité de la méthode que nous avons retracée plus haut et qui s'oppose à ce que les cuves vieillissent; les cuves épuisées peuvent être employées pour en monter de nouvelles; il est préférable de monter les neuves avec tous matériaux nouveaux.

La teinture systématique au moyen des cuves échelonnées est surtout économique dans les établissements très-vastes, ou dans ceux qui ne s'occupent que de la teinture en bleu d'indigo. Je l'ai vu pratiquer à la Carneille dans l'Orne avec le plus grand succès.

Cuves d'inde, dites encore *cuves gravelées*. — Ce sont après les cuves froides dont on trouvera la composition dans ce Dictionnaire à l'article INDIGO, les plus simples et les plus faciles à conduire.

Pour monter une cuve, on commence par faire bouillir dans une masse d'eau convenable une quantité de garance et de son proportionnelle à l'indigo qu'on veut faire entrer dans le bain. Après deux heures d'ébullition, on verse les cendres gravelées, qu'on fait bouillir également pendant deux heures; on rafraîchit, puis on ajoute l'indigo qui a commencé sa transformation dans un bain analogue, mais dans une petite chaudière; on gagne ainsi du temps et l'on peut éviter bien des accidents qui doivent nécessairement entraîner une perte notable sur la quantité de l'indigo mis dans la cuve. En supposant qu'on veuille employer 10 kil. d'indigo, on emploiera 20 kil. de cendres gravelées, 6 kil. de garance et 2 kil. de son. Ces cuves sont ordinairement montées au moyen d'une chaleur modérée.

Cuves à la potasse. — Lorsque dans les cuves d'inde on remplace les cendres gravelées par de la potasse on monte les cuves à la potasse; on opère avec plus de célérité que par la chaux, mais les nuances sont rabattues par suite de la réaction de l'alcali sur la décoction de garance.

Cuves allemandes. — On donne ce nom aux cuves montées avec le carbonate de soude cristallisé et la chaux caustique pour enlever l'acide carbonique aux cristaux de soude. Tout l'avantage de cette cuve réside dans la substitution à la potasse qui coûte cher d'un alcali moins coûteux comme la soude qu'on amène à l'état caustique dans l'opération elle-même; la conduite de l'opération est d'ailleurs assez délicate; on monte la cuve avec 5 kil. d'indigo, 10 kil. de cristaux de soude, 2 kil. 1/3 de chaux éteinte et 1 kilog. de son. Cette cuve sert à la teinture des laines.

Quelle que soit la nature de la cuve, sa conduite demande une surveillance constante; lorsqu'elle est en bon état, il ne faut pas la laisser s'altérer; car, d'une part, l'indigo ne se dissout que lorsqu'il peut être soustrait au contact de l'air, et qu'il est dans des conditions telles qu'il s'empare de l'équivalent d'hydrogène qui le transforme en indigo blanc. D'autre part, sous l'influence d'une fermentation putride, il se décompose et perd sa couleur; rendu soluble, il suit le mouvement moléculaire qui détruit les matières azotées avec lesquelles il est en contact, tandis que, mis en macération avec l'eau pure, il ne s'altère que très-difficilement. Or le pastel et le vouède sont fortement chargés de principes comptant l'azote au nombre de leurs éléments constitutifs.

Sous l'influence d'une fermentation trop active, les caractères du bain changeraient donc au détriment du teinturier. Sa couleur deviendrait analogue à celle de la bière, l'écume blanche, l'odeur fade, sans dégagement d'ammoniaque, et si cette allure se prolongeait pendant quelques jours, une forte odeur de matières animales en putréfaction, accompagnée d'un dégagement notable d'hydrogène sulfuré, succéderait aux caractères normaux, qui sont le signe d'une allure régulière. La chaux dans les cuves de pastel et de vouède, la potasse dans les cuves d'inde, la soude dans les cuves allemandes s'opposent à ces accidents. Mais il faut les renouveler. En effet, pendant l'acte de la fermentation, il se dégage de l'acide carbonique qui sature la chaux dans les cuves de pastel et l'alcali dans les autres cuves; il se dépose dans les unes du carbonate calcaire; il se dissout dans les autres des carbonates alcalins, toujours en quantités variables, d'autant plus considérables que la fermentation se trouve être plus active.

Les conditions dans lesquelles sont les cuves varient donc à chaque instant. Ajoutons à cela que leur composition change encore, non-seulement à cause du travail qui prend une quantité notable d'indigo pour le transporter sur la fibre textile, quelle qu'elle soit, mais encore à cause de l'oxydation d'une partie de l'indigo soluble au contact de l'air introduit par l'atmosphère qui baigne la surface ou qu'amène l'étoffe. Il y a donc des modifications incessantes dans la quantité d'indigo contenu dans le bain sous forme convenable à la teinture. C'est pour régulariser cette composition qu'on est forcé de pallier de temps en temps; l'indigo régénéré par le contact de l'air se dissout de nouveau, recharge le bain.

Mais pour teindre de nouvelles mises, il faut que les parties insolubles se soient déposées. On comprend sans peine qu'elles s'attacheraient aux fibres et feraient *réserve* sur les points qu'elles couvriraient. Ces manipulations entraînent donc de grandes lenteurs, surtout quand les cuves sont montées depuis quelque temps et que la *pâtée*, pied ou fond de cuve, présente une grande ténuité.

Le bain possède par lui-même tous les éléments pour être bien gouverné; mais ce n'est qu'à la condition d'être surveillé, de pallier en temps voulu et de maintenir les alcalis en proportions convenables pour arrêter ou ralentir des fermentations trop développées.

Malgré tous les soins qu'on apporte à ce travail, les cuves peuvent être fortes ou faibles, *roides* ou *douces*. Il faut savoir les ramener au point convenable. La cuve forte est celle qui présente un excès de chaux. La cuve douce en manque; le premier accident est peu dangereux; le second est beaucoup plus grave, car il est accompagné d'une destruction complète d'une partie de l'indigo.

A quels signes extérieurs reconnaîtra-t-on ces deux allures? A l'état normal, la fleurée abondante est légèrement cuivrée, le bain est jaune, l'odeur franchement ammoniacale, sans trop de force; les bulles qu'on excite à la surface sont rapidement écartées.

Lorsque la cuve est forte, l'odeur est fortement ammoniacale, piquante, le bain brun foncé, les bulles sont soudées, à reflets argentés. Il y a trop de chaux; on corrige ce défaut par une addition de sulfate de fer. Berzélius a constaté que la chaux possède la propriété de former avec l'indigo blanc deux combinaisons différentes, l'une soluble dans l'eau, l'autre avec excès de chaux, complétement insoluble. La présence de ce dernier composé dans les cuves fortes dissimule l'indigo, mais ne le détruit pas; l'addition d'un acide propre à s'emparer de l'excès de chaux le fait reparaître. L'emploi du sulfate de protoxyde de fer dans ce cas, consacré par l'expérience, équivaut à l'addition d'un acide; il se forme du sulfate de chaux et de l'indigoture soluble.

Lorsque la cuve est douce, le bain est orangé, jaune, sale; l'odeur est ammoniacale, faible, sucrée, surtout si la cuve est neuve; il n'y a pas de fleurée. Il faut ajouter de la chaux pour s'opposer à la fermentation qui semble se porter sur l'indigo et l'entraîner dans une

TEINTURE.

évolution moléculaire qui le détruit. On ignore quels sont les produits de cette altération, mais les comptes d'une fabrique ne permettent pas de mettre en doute une destruction partielle.

Il est donc indispensable qu'il y ait toujours dans les cuves de pastel ou de vouède un léger excès de chaux; si la fermentation prenait un accroissement considérable, il en résulterait l'accident le plus grave auquel les cuves puissent être sujettes, et qu'on nomme *coup de pied*. Ce terme indique que le pastel ou le vouède, qu'on nomme *pied de cuve*, sont la cause du désordre. Au moment où l'accident se prépare, des bulles grises ou blanchâtres surnagent le bain; elles sont accompagnées de particules de pastel ou de vouède, entraînées dans le mouvement de fermentation; la cuve *broue*. L'odeur ammoniacale a totalement disparu; il ne reste plus que l'odeur des matières en digestion dans le bain. Le bain ne contient plus en dissolution qu'une très-faible quantité d'indigo; si l'on pallie la cuve, on voit un mouvement encore plus violent, qui, sur les bords de la cuve, imite l'ébullition. On doit se hâter d'ajouter de la chaux. L'indigo n'existe plus dans la cuve; son état est tellement destructeur, que si l'on passait une pièce teinte en bleu pour ajouter à la hauteur du ton bleu qu'elle possède déjà, sa couleur, même acquise, pourrait disparaître et se dissoudre dans le bain. Dans les cuves chaudes, cet accident n'est pas sans gravité. Cependant, quand elles ne sont pas trop vieilles, on peut chercher à les remettre en état en ajoutant de la chaux. Quand ce phénomène se présente sur des cuves froides, il n'y a pas autant de dangers, puisqu'on est presque toujours alors sur le point de donner un *réchaud*.

Ce réchaud permet de modifier l'allure du bain. On donne ce nom à l'opération qui a pour but, en élevant la température du bain, d'augmenter son activité; elle occasionne une grande perte de temps, lorsque les cuves que l'on veut réchauffer sont montées dans des vaisseaux de bois; car il faut alors transvaser une partie du bain dans une chaudière, et le renvoyer ensuite dans la cuve. Ce mouvement met l'indigo blanc en contact avec l'air et le fait passer à l'état insoluble. On verse dans la cuve, dès qu'on a prélevé le liquide qu'on veut réchauffer, du son, de la garance et de l'indigo broyé. On pallie le pied. Quand le bain est chaud, on renvoie le liquide dans la cuve, on pallie de nouveau, puis on laisse reposer, en ne travaillant que lorsque le bain est convenablement chargé d'indigo soluble.

On s'en assure en plongeant un échantillon d'étoffe ou plusieurs écheveaux, les laissant séjourner un quart d'heure, les lavant, les tordant et les exposant à l'air après les avoir éventés. Les fibres sont jaunes-verdâtres à leur sortie du bain, mais le contact de l'air doit les faire verdir d'abord, puis bleuir ensuite.

Lorsque les cuves sont en cuivre, les réchauds se font avec la plus grande facilité par chauffage direct.

Pour prévenir les accidents auxquels sont sujettes surtout les cuves de pastel, il est préférable de faire usage de pastel ou de vouède récolté sans fermentation.

Emploi des hypo-sulfites. Un élégant procédé pour la teinture par l'indigo, en employant un autre genre d'action de désoxygénation, a été décrit à l'article INDIGO par l'un des inventeurs. Nous y renverrons le lecteur.

Teinture de la soie. — Lorsqu'on veut teindre la soie par l'indigo, le fabricant monte une cuve d'inde. A cet effet, on prend 1200 litres d'eau, 6 kilos de potasse ou de soude, 2 kilos de son et 2 kilos de garance. On délaye dans l'eau le son, la garance et l'alcali. On porte à l'ébullition pendant quelque temps, puis on verse le tout, liquide et marc, dans la cuve proprement dite, à laquelle on ajoute l'indigo parfaitement broyé. On agite vivement; on couvre la cuve autour de laquelle on fait un peu de feu, ou dans laquelle on maintient un courant de vapeur de manière à tenir la température du bain dans les environs de 50 degrés centigrades. On pallie et on répète cette opération de douze heures en douze heures, jusqu'à ce que le bain soit prêt pour la teinture. La cuve est ordinairement en état au bout de quarante-huit heures. Alors le bain présente les qualités normales que nous avons fait connaître.

Au moment de teindre la soie, on verse une petite quantité de cendres gravelées, 1 kil. environ, et 125 gr. de garance; on remue le tout. Après quatre heures de repos, on passe la soie. La température est telle que la main puisse sans douleur endurer l'impression de la chaleur. On plonge alors la soie dans ce bain après l'avoir préalablement fait cuire avec le tiers de son poids de savon blanc, et l'avoir dégorgée par deux ou quatre battues dans une eau courante. La soie doit être teinte par petites parties; chaque matteau se plonge l'un après l'autre au moyen d'un bâton qu'on place en travers de la cuve. On lisse à plusieurs reprises, on évente, puis on jette dans l'eau pure; ce lavage est terminé par la torsion sur le rouleau ou l'espart.

Après la teinture, la dessiccation doit être prompte; on l'obtient l'hiver dans une chambre chaude, en exposant la soie sur un châssis qu'on agite pour faciliter l'évaporation. Quand le bain s'affaiblit, on le remonte en y ajoutant un demi-kilo de cendres gravelées, un peu de garance et une poignée de son bien lavé; on pallie. Quand l'indigo lui-même se trouve épuisé, l'addition qu'on en fait est encore accompagnée d'une addition proportionnelle de son, de garance et d'alcali. Nous recommandons ici l'usage de cuves systématiques qui s'épuisent sans qu'on soit obligé de les remonter en indigo.

L'indigo seul ne teint la soie que dans les nuances claires; pour obtenir de la vigueur, on donne un premier pied d'orseille fort pour le *bleu turc*, faible pour le bleu de roi : ce dernier peut être plus solide quand on le prépare avec de la cochenille au lieu d'orseille pour le premier pied. On le nomme *bleu fin*. Les autres bleus se font sans pied; la différence de nuance tient à la richesse du bain et au nombre de passages qu'on donne aux fils.

On a souvent à teindre des soies écrues. Elles se teignent en général avec plus de facilité que les soies cuites et en nuances plus foncées : si la même cuve doit servir aux deux genres de fabrication, on commence par teindre les soies cuites, on termine par les soies crues qui cèdent une partie de la matière gommeuse dont elles sont chargées et qui pourrait nuire à la teinture des soies cuites.

Carmin d'indigo. — La coloration par l'acide sulfo-indigotique demande une préparation préalable pour la laine. On prépare avec l'alun et le tartre; on met dans le bain le carmin d'indigo; on en verse une proportion plus ou moins considérable, suivant le ton plus ou moins foncé qu'on veut obtenir. Les nuances claires peuvent se faire à la suite des nuances foncées; cependant elles ont beaucoup plus d'éclat lorsqu'on les obtient au moyen de bains nouveaux.

Supposons qu'on veuille teindre des tissus de laine ou de laine mélangés de soie; on fait bouillir la laine pendant une heure dans un bain de crème de tartre à raison de 250 gram. par kilogr. d'étoffe. On lève; on verse dans le bain la quantité voulue de bleu soluble préalablement dissous et décanté. On mène jusqu'à ce qu'on ait atteint la nuance demandée. On retire et on lave. L'opération se fait au bouillon pour les tissus pure laine; mais pour les mélanges laine et soie, on donne un bouillon à la crème de tartre mélangée d'alun; on teint sans bouillir.

Pour teindre la soie pure, on prépare à l'eau tiède dans un bain d'alun, on lève, on lave et l'on teint ensuite dans le bouillon d'alun dans lequel on a versé le bleu soluble en quantité convenable pour la nuance désirée.

M. Chevreul a donné les dosages qui suivent pour teindre la laine pure et les tissus composés laine et soie. Pour 10 kil. de laine, on prépare un bouillon composé de 1250 gr. d'alun et de 675 gr. de crème de tartre. On mène les laines pendant une demi-heure à 70 degrés, on lève et on évente; on ajoute dans le bain plus ou moins de carmin d'indigo dissous, on lisse la laine jusqu'à la nuance voulue. Si l'on veut un ton virant sur le rouge, on met en même temps que le carmin d'indigo de la cochenille ammoniacale. On rince.

Bleu de Prusse.

Tous les chimistes connaissent la réaction des sels de fer sur les prussiates jaunes et rouges. On obtient dans des conditions déterminées de magnifiques précipités bleus dont l'industrie s'est emparée, surtout pour les soieries, et qu'on a su depuis de longues années appliquer sur les autres matières textiles. Les perfectionnements les plus importants dans ce genre de teinture sont dus à M. Raymond, qui a pu l'aviver en la rendant tout à la fois brillante et nourrie. Les bleus qui se forment dans ces circonstances rencontrent la fibre textile au moment de leur précipitation et se combinent avec elle pour y contracter une adhérence convenable.

On peut établir qu'il y a deux procédés pour produire la teinture en bleu de Prusse. Dans l'un, on dépose sur l'étoffe une certaine quantité de fer oxydé, qu'on bleuit ensuite en le mettant au contact d'une dissolution de prussiano-ferrure jaune acidulée par l'acide sulfurique en quantité suffisante pour former du bisulfate de potasse avec la potasse du ferrocyanure; on passe la laine préparée par le bain ferrugineux dans ce bain bouillant; il se forme du bleu de Prusse avec une nuance verdâtre qu'on fait disparaître par une nouvelle immersion dans un bain de prussiano-ferrure rouge, acidifié comme le premier par l'acide sulfurique. L'étoffe réduit une partie de l'oxyde de fer pour former du bleu.

Dans le second procédé, beaucoup plus simple, on met à profit l'action de l'air sur l'acide prussiano-ferrique libre. On plonge en conséquence les étoffes dans un bain de prussiate jaune acidifié par l'acide sulfurique pour les exposer ensuite au contact de l'air qui dépose du bleu de Prusse. C'est ainsi que le bleu s'applique sur les mousselines laines: le tourniquet sur lequel les pièces sont enroulées pour retomber dans la cuve est assez élevé pour que l'oxydation se fasse et que la coloration jaune déposée sur le tissu passe successivement au vert, puis au bleu. La nuance peut être montée par un lissage plus ou moins continu jusqu'à la hauteur voulue; il n'y a plus qu'à l'aviver dans un bain spécial.

Teinture de la laine. — Comme exemple de teinture par ce second procédé, nous choisirons la teinture en bleu des mousselines laines. Lorsque les pièces ont été dégraissées au savon ou mieux encore au carbonate de soude, on les lave à l'eau pure; elles sont alors prêtes à recevoir la teinture au bleu de Prusse.

Le bain de teinture se compose pour chaque pièce, ayant à peu près 60 mètres de long, de 360 gram. de prussiate jaune de potasse, 360 gram. d'acide sulfurique, 500 gram. d'alun. Le tout est dissous dans 60 à 80 litres d'eau. On emploie le tourniquet élevé pour donner le contact de l'air aux pièces qu'on mène très-vivement pendant une heure à la température de 35 à 40 degrés centigrades; au moyen d'un serpentin, la température est montée jusqu'à 60 degrés pendant la deuxième heure; on termine par un lissage à 100 degrés pendant une dernière heure. On mène vivement afin que le tissu reçoive alternativement et dans toutes ses parties l'action de l'air et du bain. Environ une heure avant d'abattre, on ajoute dans le bain 15 gram. de sel d'étain; quand l'opération est terminée, on abat et on lisse jusqu'à ce que la pièce soit froide; le fixage se fait avec le temps. Il ne faut donc pas aviver immédiatement, une bonne partie de la couleur se détacherait. On avive plus tard, on foulonne avec de la terre qui distrait toute la matière non combinée; on lave à l'eau courante.

Le bain d'avivage se compose de 500 gr. d'alun, 360 gr. d'acide sulfurique et 15 gr. de sel d'étain par pièce de 60 mètres; on dissout, on fait tourner une heure, puis on rince.

L'avivage n'est pas nécessaire lorsqu'on teint des pièces destinées à l'impression d'enlevage pour blancs, ou pour fournir des nuances par superposition; on voit qu'on n'opère qu'avec une extrême lenteur, et sans sels de fer. Cette méthode paraît être la seule qui conduise à des nuances égales, claires et brillantes. Suivant M. Stephan de Berlin, on obtient par ce même moyen les nuances les plus claires.

On porte à l'ébullition le bain monté par du prussiate jaune, on en approche le tissu pour le plonger aussitôt qu'on y a versé, pour une partie de cyanoferrure, une demi-partie d'acide tartrique qu'on a fait dissoudre préalablement. On mène vivement pendant un quart d'heure pour éviter les taches; il est bien entendu que pendant le travail il faut éviter que le bain ne se trouve en contact avec aucune partie métallique capable de se dissoudre dans l'acide, et d'altérer la nuance. Après que l'étoffe sort du bain elle est d'un bleu verdâtre qu'on développe avec un grand éclat en faisant passer le tissu dans un bain acidifié par l'acide sulfurique, ou l'acide azotique ou l'acide chlorhydrique.

M. Raymond, qui a donné son nom à la teinte bleue fournie par le bleu de Prusse, a fait connaître la méthode à laquelle il donne la préférence et qui peut servir d'exemple à l'appui du premier procédé que nous avons indiqué d'une manière succincte. On donne d'abord un bain de rouille, puis un bain de bleu.

Pour faire le bain de rouille, on procède de la manière suivante : Dans une cuve de 6 à 700 litres de capacité qu'on garnit avec 60 kil. d'acide sulfurique à 66 degrés et 60 kil. d'acide nitrique à 35 degrés, on ajoute par petites portions 260 kil. d'eau; on ajoute encore par petites portions 360 kil. de couperose verte. La réaction accompagnée d'une vive effervescence s'arrêterait si l'on n'élevait la température progressivement jusqu'à l'ébullition. Après quelques bouillons, on verse un mélange fait préalablement de 65 kil. d'acide sulfurique à 66 degrés, 150 kil. de crème de tartre rouge et 100 kil. d'eau. On pallie en ajoutant de l'eau jusqu'à ce que le liquide marque 36 degrés à l'aréomètre de Baumé. On laisse déposer pendant trois ou quatre jours, on soutire, puis on conserve dans des tonneaux.

Pour donner le bouillon de rouille, on commence par remplir la cuve à peu près au trente-cinquième de sa capacité de la dissolution à 36 degrés dont la préparation précède, on la remplit d'eau en agitant toujours; la liqueur marquera un demi-degré; si l'eau pure marque 0 degré, on chauffe jusqu'à 40 ou 60 degrés; si l'on veut teindre un drap, on l'étale sur le tour dans sa largeur et on l'immerge; au bout de quelques instants, le tissu se sera chargé d'une couche de rouille assez foncée pour se teindre en bleu par son contact avec l'acide prussiano-ferrique; on le relève, et, sans le laisser égoutter trop longtemps, on le lave à l'eau courante.

Quand on veut produire plusieurs nuances de bleu, les passes se font dans la même cuve; on commence par les moins foncées qu'on immerge à la température ordinaire; quand on veut des nuances vigoureuses on

opère à chaud, même à l'ébullition; on élève alors graduellement la température pour éviter les tissus vergés, c'est-à-dire teints d'une manière inégale. Lorsqu'on juge que le bain s'appauvrit, il est convenable de le remonter; à cet effet on ajoute de la dissolution marquant 36 degrés en quantité qu'on regarde comme équivalente à celle que les étoffes ont enlevée. Mais à la longue les bains changent de nature, parce que l'oxyde de fer est enlevé par la fibre ; il est convenable de temps en temps de les remonter à nouveau.

La mise en bleu se compose de deux opérations distinctes. Dans la première on remplit une cuve de bois, munie d'un tour, d'eau de source qu'on chauffe à 30 degrés par un courant de vapeur ; on arrête le feu, puis on jette 850 gr. de prussiate jaune de potasse pour chaque pièce de 40 kil. On pallie, et quand le mélange est bien fait, on déroule le drap qu'on fait plonger dans le liquide pendant 12 ou 15 minutes, après quoi on le relève. Le résultat de cette première immersion ne porte sur le drap qu'une petite quantité de bleu de Prusse. La seconde opération porte sur l'étoffe la quantité d'acide prussiano-ferrique nécessaire pour transformer en bleu de Berlin la totalité de l'oxyde de fer fixé. On prend une quantité d'acide sulfurique à 66 degrés égale à celle du prussiate jaune employé, soit 850 gr.; on y ajoute trois ou quatre fois son poids d'eau, puis on verse le 1/3 du tout dans le bain de prussiate, en agitant pour obtenir un mélange complet; on y fait descendre la pièce, on laisse plonger pendant un quart d'heure, on lève ; on ajoute le second tiers de la liqueur acide, on plonge de nouveau pendant un quart d'heure ; on répète cette manœuvre trois fois jusqu'à ce que le tout soit versé dans le bain. On cesse de remuer le drap qu'on plonge en entier, on porte à l'ébullition en élevant la température graduellement. Après quelques bouillons, on relève le drap pour le passer à l'eau courante.

S'il n'est pas possible de se rendre un compte exact de la quantité de bleu de Prusse déposée sur un tissu pour le teindre en une nuance donnée, on peut admettre sans trop d'erreur qu'il faut pour teindre 1 kilog. de laine en bleu d'*enfer* 100 gr. de prussiate, 85 gr. pour du bleu dit bleu *pers*, 65 gr. pour le bleu *turquin*, 40 gr. pour le bleu céleste, et 15 gr. seulement pour le bleu naissant.

Ici, comme par l'autre méthode, on fait précéder l'avivage d'un foulonnage soigné; le liquide froid dans lequel on foulonne contient 500 gr. de savon, 10 litres d'eau; cette opération élimine toutes les particules de bleu qui ne sont pas adhérentes; elle dure 15 à 20 minutes, on lave à l'eau courante, puis on passe à l'avivage.

L'avivage des bains foncés se fait avec une eau froide contenant environ 0,03 de son poids d'ammoniaque liquide. On plonge les draps dans le bain d'avivage en les dévidant par le mouvement de rotation qu'on imprime au tour. Lorsqu'il s'agit d'aviver des teintes claires, après avoir foulonné comme précédemment à froid dans une eau de savon, le drap passe dans une cuve remplie d'eau de source à proximité d'une source de vapeur ; elle devra contenir pour chaque litre d'eau 5 gr. d'acide sulfurique à 66 degrés et 5 gr. de tartre rouge dissous dans 10 gr. d'eau. On pallie le bain, on chauffe à l'ébullition ; on place le drap sur le tour, on le dévide pendant un quart d'heure en maintenant la température, on le relève pour le rincer à l'eau courante.

Ces mêmes manœuvres sont applicables à la teinture des laines en toison ; on prend seulement la précaution de ne pas remuer le filet qui contient la matière à teindre.

Teinture du coton. — On se sert pour teindre le coton par le bleu de Prusse de bleu préparé d'avance qu'on choisit de la meilleure qualité et qu'on dissout dans trois ou quatre fois son poids d'acide chlorhydrique ; on fait digérer pendant vingt-quatre heures, en remuant de temps en temps, puis on laisse déposer. Le coton blanchi et bouilli, mis en digestion avec l'acétate d'alumine à 5 ou 6 degrés Baumé, séché, puis lavé, se teint en bleu dans la liqueur acide, chargée de bleu de Prusse et mêlé dans 20 à 25 fois son poids d'eau chaude; on lisse jusqu'à la teinte voulue pour égaliser la nuance, on l'abat dans le bain quelques minutes, on lève, on tord, puis on évente; on lave, et on fait sécher.

Dans d'autres manufactures, on donne au coton un pied plus ou moins fort de rouille en le passant alternativement et à plusieurs reprises dans une dissolution de sulfate de fer marquant 4 à 5 degrés Baumé, puis dans une dissolution de potasse marquant 2 degrés ; on tord, on fait sécher et on lave.

D'autre part, pour 60 kilog. de coton, on pulvérise 6 kilog. de bleu de Prusse ; on délaye dans 1 kilog. d'acide sulfurique, on verse le liquide dans le bain, et quand le mélange est complet, on passe le coton chargé d'oxyde de fer. On laisse la fibre plonger jusqu'à ce qu'elle ait pris la nuance voulue. On lève, on évente et on sèche.

Il paraît qu'en appliquant les procédés de la laine à la teinture du coton, le bleu qu'on obtient présente plus de résistance. Dans ce cas, on prépare avec un sel de fer (pyrolignite ou sulfate) marquant 1 à 2 degrés; on dégomme à l'eau de craie marquant 60 degrés; on teint avec 150 à 160 grammes de prussiate jaune décomposé par 60 ou 75 grammes d'acide sulfurique pour 100 litres d'eau à 37 degrés de chaleur. On rince, et on avive dans une eau d'acide sulfurique marquant moins de 2 degrés.

Teinture de la soie. — L'opération consiste à tremper la soie cuite d'abord dans un bain qui donnera un pied de fer, puis dans un bain d'acide prussiano-ferrique. En supposant cinq pièces de soie étendues les unes à la suite des autres, on prépare une dissolution de fer en faisant dissoudre 8 kilog. de couperose dans 2 kilog. d'acide nitrique à 35 degrés; on étend d'eau jusqu'à ce que le mélange marque 40 degrés. Pour préparer le premier bain, on ajoute à 150 litres d'eau 2 litres de composition ferrugineuse et 125 grammes de sel d'étain. On donne une première passe à la soie dans ce bain, on lave et on rince dans une eau de savon presqu'à l'ébullition; on lisse au large, on donne six tours et on lave au foulard; l'étoffe après avoir reçu son pied de fer peut entrer dans le second bain qui contient 150 grammes de prussiate dissous dans 250 litres d'eau. On donne trois tours dans ce bain, on lève et on ajoute 625 grammes d'acide sulfurique; on donne quatre tours, on lisse, on abat, et, sans laver, on fait rentrer dans le premier bain; on donne cinq tours, on rince au foulard; on fait passer au deuxième bain, on donne cinq tours, on lève, on rince, et la teinture est terminée comme bleu Raymond.

En changeant les proportions et augmentant les dosages du protochlorure d'étain, on obtient un bleu beaucoup plus vif et plus intense, surtout si l'on avive dans le bain faible d'acide sulfurique.

4. Teinture en vert.

Nous n'avous pas à nous étendre sur les nuances vertes qu'on obtient en teinture par des immersions simultanées ou successives en jaune et bleu, et qui nous ont occupé déjà suffisamment pour n'y pas revenir. Nous ne décrivons ici que les nuances vertes particulières, dont le type, jusqu'à ce jour, est représenté par le vert de Chine.

Vert de Chine.

La curieuse matière qu'on désigne actuellement sous le nom de vert de Chine a circulé pendant assez longtemps en Europe sans qu'on ait remarqué ses qualités. Il semble résulter de quelques documents que Bancroft, chimiste anglais en 1793, Kurrer, chimiste allemand en 1801, et Gustave Schwartz en 1837, s'en étaient occupés. On avait importé sous le nom d'*indigo vert* de petites quantités de cette matière, qui atteint encore le prix énorme de 360 à 500 francs le kilog.

La teinture de la soie et la teinture du coton par le moyen du lo-kao n'a pas été sans offrir de sérieuses difficultés pour les premiers qui se sont occupés de ces recherches. Les résultats obtenus d'abord par MM. Ch Benner et Dupéray sur coton, par M. Dupéray sur soie, ceux de M. Michel, de Lyon, font espérer qu'entre les mains des habiles teinturiers de nos jours, cette teinture fournira des couleurs dont nous avons fait ressortir ailleurs tous les avantages. On trouve dans la notice sur le vert de Chine publiée par les soins de la Chambre de commerce de Lyon d'intéressants détails sur ces teintures. Nous allons en donner un extrait. Nous ferons connaître sans commentaires les méthodes usitées en Chine pour teindre directement avec les écorces, et pour teindre avec le lo-kao ; nous terminerons par un exposé des méthodes auxquelles on a recours en France aujourd'hui pour tirer parti de la matière colorante des nerpruns indigènes ou exotiques.

Teinture des toiles de coton au moyen des écorces. — Les procédés employés en Chine ont été répandus par MM. Arnaud Tison, Hélot et Sinclair.

D'après M. Arnaud Tison, on fait infuser l'écorce pendant quinze à vingt minutes dans de l'eau chaude; la toile est plongée dans le bain froid sans préparation; on l'étend la nuit sur la terre pour éviter les rayons solaires et des températures trop élevées; la gelée paraît nécessaire au succès de l'opération. Pour obtenir des nuances foncées, on passe l'étoffe à plusieurs reprises dans le même bain et dans les mêmes conditions.

D'après le P. Hélot, l'écorce fraîche est bouillie, puis infusée pendant deux jours ; certaines espèces exigent une infusion de six jours. On opère avec deux bains séparés, l'un et l'autre reçoivent de l'eau de chaux. Les deux espèces *hong-pi* et *pe-pi* sont nécessaires. On plonge les toiles sept à huit fois dans les bains de hong-pi, et trois fois dans le bain de pe-pi; on fait sécher après chaque immersion. On étend les toiles à la tombée de la nuit; c'est là le procédé qu'on suit dans la localité nommée *A-zé*.

A Khin-tcheou-fou, les procédés diffèrent : on fait bouillir l'écorce fraîche du *pe-pi-lo-chou* avec 63 gr. de potasse pour 100 kilog. de liquide ; on plonge les toiles deux ou trois fois dans le bain ; on fait sécher au soleil après chaque immersion. Dans la province de Canton on fait usage d'alun au lieu de potasse ou de chaux. Si les deux méthodes d'A-zé et de Khin-tcheou-fou sont différentes, c'est que dans cette dernière ville on veut seulement teindre la toile, tandis qu'à A-zé la teinture n'est qu'un moyen particulier pour la préparation du lo-kao; les écorces des deux variétés de nerpruns sont alors nécessaires.

Suivant M. Sinclair, on fait bouillir l'écorce dans l'eau chaude ; on maintient l'ébullition pendant une heure; on ajoute à la fois de la potasse et de l'alun ; on décante, on filtre, on laisse reposer pendant une nuit, puis on trempe les pièces dans le bain ; on les étend sur le sol à l'air libre pour les faire sécher, mais le matin, à l'heure où le soleil est le moins ardent. Il faut faire passer très-souvent l'étoffe et sécher une vingtaine de fois afin d'obtenir une nuance foncée.

Tels sont les procédés importés de Chine pour la teinture au moyen des nerpruns. M. Michel a remarqué que, par suite de l'immersion dans un bain d'écorce de nerprun et de l'extension sur le pré pendant la nuit, l'étoffe prend un endroit, le côté le plus exposé même à la radiation nocturne. Ce phénomène paraît être dû, d'après M. Mercer, au transport à travers l'étoffe, sur la surface supérieure par suite de l'évaporation spontanée, d'une plus grande quantité du principe colorant entraîné par l'eau qui l'a dissous.

Teinture des cotons au moyen du lo-kao. — Malgré son prix très-élevé, même à la Chine, le lo-kao sert à teindre en nuances claires les étoffes les plus communes. 7 à 21 centimes de lo-kao suffisent, d'après M. N. Rondot, selon l'intensité de la nuance, pour teindre un mètre carré. A Sou-tchéou-fou et à Chang-Haï, la méthode est la suivante :

Le lo-kao est dissous à chaud dans de la potasse (cendres lessivées) ; la toile bien lavée doit être plongée dans le bain, dont la température est maintenue vers 50 à 60 degrés, tordue à la cheville, éventée, plongée une seconde fois, tordue de nouveau, rincée dans l'eau claire et séchée par l'exposition à l'air libre. La force de la potasse doit être très-variable, puisque dans les différentes recettes son poids varie pour 100 gram. de lo-kao de 1600 gr. à 30 gr. seulement.

Le coton se teint aussi très-bien dans un bain formé de lo-kao, dissous dans le sulfhydrate d'ammoniaque ; mais comme il faut oxyder à l'air, on n'obtient de coloration qu'à l'aide de manœuvres coûteuses.

Le meilleur procédé, tant pour la facilité de l'opération que pour la régularité des produits, consiste à faire dissoudre 50 à 60 gr. de savon blanc dans 10 l t. d'eau, à délayer une quantité convenable de lo-kao gonflé ou purifié ; on chauffe le bain dans lequel il suffit de plonger les fils ou les étoffes de coton.

Nous n'aurons pas occasion de parler de l'impression ; son application par voie mécanique sur les tissus de coton est des plus élémentaires. Il suffit, en effet, d'imprimer sur calicot aluné ou non aluné de l'eau de gomme, dans laquelle on a délayé, soit du lo-kao brut, soit du lo-kao purifié, soit des laques alumineuses, le tout avec ou sans addition d'acétate d'alumine, d'alun, ou de l'un des agents employés dans la teinture. Pour purifier le lo-kao, on le fait dissoudre dans le carbonate de potasse, pour obtenir une dissolution concentrée, qu'on laisse éclaircir, qu'on décante et qu'on étend ensuite de beaucoup d'eau pour précipiter la matière colorante. On peut aussi traiter une partie de lo-kao gonflé par une fois et demie son poids d'acide acétique du commerce, qui dissout les bases carbonatées et phosphatées ; on délaye le tout dans 500 parties d'eau ; on obtient une liqueur très-chargée de matière colorante, que l'on filtre et qu'on précipite par l'ammoniaque ; la nouvelle laque se dépose, surtout si l'on a versé quelque peu d'alun dans la liqueur acide.

On peut encore imprimer une solution épaisse de lo-kao faite dans le protochlorure d'étain acide, sécher et passer le calicot dans un bain clair d'acétate de chaux saturé de chaux ; ou bien former une solution concentrée de lo-kao dans du savon, l'épaissir, l'imprimer et vaporiser le tissu chargé du mélange.

Teinture des soies et des tissus de soie. — Il n'est pas douteux qu'on ne puisse teindre les soies avec le lo-kao ; il n'est pas moins démontré qu'on peut employer à cet usage l'écorce même du nerprun de la Chine. Il paraît certain, d'après des témoignages dignes de foi, que le lo-kao sert surtout pour teindre les étoffes de choix : le siége de cette industrie est, en Chine, à Sou-tchéou-fou et à Hang-tchéou-fou. Au reste, d'après les renseignements qu'ont fournis le père Hélot et le rév. M. Edkins, la méthode à suivre pour teindre la soie avec l'écorce ou le lo-kao ne diffère pas, comm

TEINTURE.

principe, de celle qu'ils ont décrite pour teindre le coton. Néanmoins le dissolvant qu'ils emploient dans le cas de la teinture de la soie n'est indiqué nulle part.

La teinture de la soie par le lo-kao est aujourd'hui un fait acquis en France. A l'appui de cette assertion, je transcris ici le passage suivant extrait de la notice de M. N. Rondot:

« A Lyon, M. Guinon, en mars 1853, et M. Michel, en avril de la même année, pour ne parler que des plus heureux, entreprirent des essais qui leur donnèrent bientôt des résultats très-intéressants; mais l'application industrielle du vert de Chine ne date que du printemps de 1855. En avril 1855, M. Guinon teignit avec du lo-kao pur des velours épinglés et coupés en une couleur verte, que son analogie avec celle de l'acétate de cuivre fit appeler *vert Vénus*. L'addition de jaune au lo-kao n'eut lieu que vers le mois de juillet, et l'on obtint alors la nuance vert Azof, qui est charmante à la lumière.

« C'est vers cette époque que M. Michel découvrit le procédé qui porte son nom. Ce procédé, depuis le milieu de l'année 1856, est pratiqué d'une manière utile par plusieurs teinturiers de Lyon.

« Le lo-kao n'était encore que peu connu, M. Guinon seul en avait fait usage; il tenait caché, comme il tient encore aujourd'hui, le procédé qui lui est propre. Le secret de l'origine de la couleur de ces robes élégantes, tant remarquées dans l'automne de 1855, fut même si bien gardé, que M. Michel ne le connut qu'après la publication de son travail. Son mémoire attira l'attention générale sur cette nouvelle matière, et la consommation en augmenta de suite notablement. Pour ne citer qu'un exemple, M. Guinon, qui avait teint avec le vert de Chine environ 1500 kilog. de soie d'avril 1855 à mars 1856, en teignit plus de 3500 kilog. d'avril 1856 à mars 1857. »

S'il nous est impossible de rien dire des méthodes employées par M. Guinon pour opérer la teinture en vert au moyen du lo-kao, nous pouvons faire connaître le procédé de M. Michel, tel qu'il l'a donné dans une note lue le 6 mars 1856 à la Chambre de commerce de Lyon.

On a fait digérer 5 grammes de lo-kao pendant trois jours dans 30 grammes de solution d'alun marquant 5 degrés, on broie ensuite la couleur, qu'on délaye de nouveau dans 250 grammes de la même dissolution d'alun; on agite le mélange trois ou quatre fois dans la journée. Le lendemain on décante avec précaution le liquide, qui paraît presque noir. On répète cette opération trois jours de suite. On obtient ainsi un litre de dissolution verte alumineuse; pour bien épuiser le dépôt, on fait une cinquième opération avec 280 grammes de solution d'alun, et on conserve la liqueur faible qui résulte de ce dernier traitement pour commencer une nouvelle dissolution verte. Le résidu non soluble est d'environ 30 p. 100.

Au moment de teindre, on étend le litre de solution verte alumineuse de quinze litres d'eau de puits, plus ou moins, suivant la qualité calcaire de l'eau dont on se sert, et en introduisant dans le bain ainsi préparé 1 kilog. de soie cuite et lavée au savon, on obtient la nuance la plus claire, en un seul bain et en moins d'une demi-heure.

Pour des nuances plus foncées, on passe la soie successivement dans deux, trois, quatre, etc., bains semblables. Les soies, après la cuite et le lavage au savon, contiennent une certaine quantité de chaux qui leur sert de mordant; aussi le premier bain de dissolution verte est-il rapidement épuisé. Pour continuer cette action du mordant de chaux dans les bains suivants, on donne un bain d'eau calcaire plus ou moins prolongé, entre chaque bain de matière colorante. Comme la couleur ne présente jamais d'inégalités de nuance, il est inutile de tordre et de remettre en bâtons. On lève la soie sur une grille ou sur des bâtons pour la passer d'un bain à l'autre.

Pour nettoyer la soie après la teinture, on la rince d'abord légèrement; on lui donne un bain de terre à foulon, et on la lave ensuite comme à l'ordinaire. Les soies, ainsi teintes, sont brillantes, soyeuses et ne déteignent plus par le frottement.

On doit à M. Persoz d'autres indications que nous croyons devoir placer ici, principalement à cause de la nouveauté du sujet. On compose, avec une solution de lo-kao dans le protochlorure d'étain faiblement acidulé, mêlé d'une certaine quantité d'eau, le bain dans lequel on manœuvre, à la température ordinaire, la soie que l'on veut teindre. En peu de temps, elle se charge d'une couleur rouge-saumon pâle; on la retire pour la passer dans une eau légèrement ammoniacale, soit dans un bain formé d'acétate de chaux, sursaturé de base. On voit immédiatement la soie changer de nuance, passer au pourpre, puis au bleu. Après avoir laissé l'oxygène de l'air agir sur la matière colorante, on rince, et l'on passe dans une dissolution de graine de Perse. Quand le lo-kao conserve la couleur violette, les verts obtenus ne donnent pas de nuances brillantes à la lumière.

Une autre méthode consiste à préparer la soie par un passage dans un bain d'alun, puis à la manœuvrer dans un bain chargé de lo-kao, dissous dans le sulfhydrate d'ammoniaque, comme s'il s'agissait de teindre en bleu de cuve, c'est-à-dire en faisant succéder à chaque immersion dans le bain une exposition à l'air, non plus pour *déverdir*, comme on le dit dans la teinture en bleu, mais pour *dérougir*, en acceptant l'expression de M. Persoz. Il est curieux de voir une étoffe verte sortir ainsi d'un bain pourpre foncé.

Enfin, on peut encore délayer le lo-kao gonflé dans une lessive de potasse, saturée de protochlorure d'étain; la soie plongée dans ce bain n'a plus besoin, pour devenir d'un beau bleu céleste, que de recevoir le contact de l'air; on fait du vert en l'associant à du jaune brillant à la lumière.

M. Persoz a décrit plusieurs méthodes pour teindre le coton. En partant du lo-kao, ou des laques alumineuses, on modifie la nuance par des additions de carbonate, de phosphate, de pyrophosphate ou de borate de soude, ou bien encore par de faibles proportions de sels d'alumine, de magnésie et de zinc. On maintient le bain à 40°. Le sel de zinc donne une nuance bleue; les sels de soude maintiennent la couleur vert d'eau.

Teinture de la laine. — On a cru longtemps à l'impossibilité de teindre ou d'imprimer la laine au moyen du vert de Chine. Cependant M. Persoz recommande les procédés suivants qui s'opposent à l'action réductrice exercée par la fibre sur la matière colorante.

On délaye dans l'eau la laque d'étain, qu'on prépare en précipitant par le chlorure double d'ammoniaque et d'étain la liqueur acide chargée de lo-kao dissous dans l'acide acétique et versant de l'acétate de soude en poids égal à celui de chlorure double ajouté; on chauffe ce bain en y ajoutant de temps en temps de petites quantités d'acide oxalique. Le tissu de laine qu'on y passe sort parfaitement teint. On teint encore la laine au moyen d'un bain chargé de lo-kao dissous dans le protochlorure d'étain légèrement acide; la laine, chair saumon d'abord, passe au bleu dans une dissolution d'acétate de soude.

Pour imprimer sur laine, on fait encore usage d'un mélange de laque violette à base d'étain et d'acide oxalique; on imprime, on vaporise, et la couleur verte se trouve fixée dans toute sa pureté.

Le vert de Chine se modifie dans sa nuance par son association avec des couleurs jaunes. Le jaune par

l'acide picrique convient parfaitement. Les Chinois font usage, à cet effet, du *hoang-tchi*, fruit d'une espèce de *gardenia*, ou du hoaï-hoa, bouton de la fleur du styphnolobium japonicum, ou *sophora japonica*, ainsi qu'il résulte de la lettre du P. Hélot sur la préparation du vert de Chine, et d'une lettre du professeur Bleekrode, de Delft, auquel on avait écrit de Chine que les toiles grossières de coton teintes avec le lo-kao reçoivent un premier pied de hoaï-hoa.

5. Teinture en jaune.

Parmi les teintures en jaune appliquées sur les différents tissus, on trouve des nuances solides et d'autres qui ne le sont pas. On teint rarement la laine en jaune pur; mais cette couleur fait la base d'une foule de nuances composées, d'une grande consommation. La soie souvent, au contraire, reçoit de vives couleurs jaunes qui servent à la préparation des couleurs binaires.

Gaude.

La gaude est la matière que l'on préfère dans la teinture des laines; elle doit cet emploi spécial à la manière dont elle se comporte avec les alcalis qui la transforment en un jaune clair au lieu de lui donner un œil rougeâtre, comme ils le font dans leur contact avec les autres jaunes. Ces draps ne changent donc pas par l'opération du foulonnage auquel on les soumet. La gaude donne des colorations bien moins solides que la garance et l'indigo

Teinture de la laine. — Lorsqu'on opère sur la laine en toison, on prépare un bouillon qu'on dose, pour 100 kilos de laine, en ajoutant, dans quantité suffisante d'eau de pluie ou de citerne, 20 kilos d'alun et 5 kilos de crème de tartre. Après trois heures d'ébullition, on lève, puis on conserve la laine humide dans des caves pour que la combinaison se fasse aussi complétement que possible; on lave ensuite.

Pour le gaudage, on fait le bain avec des eaux stagnantes qui paraissent donner au jaune une nuance plus brillante. On ajoute, pour faire bouillir, de 60 à 100 kil. de gaude suivant sa provenance et sa richesse; on l'enferme dans des sacs qu'on surcharge de croix en bois pour l'empêcher de flotter à la surface. On maintient l'ébullition jusqu'à ce que la gaude soit dépouillée complétement et que le bain soit bien chargé.

On a, dans quelques endroits, l'habitude d'ajouter au bain un peu d'alcali pour dorer la nuance : on se sert indifféremment ou de craie ou de carbonate de chaux; on enlève les sacs, on rafraîchit le bain, puis on plonge les toisons ou les fils; on mène aussi vivement que possible pour n'avoir pas de parties tachées; après un quart d'heure d'ébullition, le bain doit être dépouillé; on abat, puis on évente.

Lorsqu'on veut teindre la laine en pièce, on compose le bouillon pour une pièce de 16 à 18 mètres qui pèse 17 à 20 kilos, en prenant pour faire dissoudre 4 kilos d'alun et 1,5 de tartre; on laisse à la cave comme pour la laine en flocons, on lave, puis on procède au gaudage. A cet effet, on plonge dans un bain frais, qui contient de 8 à 12 kilos de gaude, suivant sa qualité. On a, dans certaines fabriques, exagéré cette quantité de gaude; elle est plus que suffisante, surtout si l'on a soin de jaunir par deux immersions; comme la première ébullition en eau chaude peut laisser de la gaude non dissoute, on fait bouillir les sacs une deuxième fois dans le même bain, auquel on ajoute un peu de carbonate de soude. On rejette le bain après cette seconde passe.

La gaude appliquée sur laine peut être modifiée par des additions de fustet, de garance ou de bleu; on obtient ainsi des verts de nuances variées, des chamois et des verts-dragon, olive, bronze, etc.

On substitue, dans le midi de la France, à la gaude les fleurs de genêts qui donnent un jaune-verdâtre; les genêts poussent spontanément et leur matière colorante n'est pas chère; on les nomme *trentanel* dans les environs de Bédarrieux, *parjole* dans les environs de Vienne. Ils remplacent la gaude dans ses principaux usages comme couleur simple ou composée.

Teinture du coton. — La teinture en gaude sur coton se pratique sur la fibre préalablement alunée. Le coton prend mieux l'alunage quand il a reçu le débouilli par la lessive alcaline. On prend pour composer le bouillon, pour 10 kilos de coton, 2,5 d'alun, c'est-à-dire le quart du poids de la mise; on laisse tremper pendant vingt-quatre heures, on lève, puis on sèche sans laver.

Le gaudage s'effectue dans un bain qui résulte de la décoction de 12k,5 de gaude; on lisse vivement jusqu'à ce qu'on ait atteint la nuance voulue. Berthollet donne comme addition à cette préparation une nouvelle passe pendant une heure dans une dissolution de sulfate de cuivre contenant 2k,5, c'est-à-dire le quart du poids du coton. On lève et on passe encore dans une dissolution de savon blanc contenant 2k,5 de savon; cette passe est faite à la température de l'ébullition. On mène vivement pour égaliser la nuance et on porte à 100 degrés pendant une heure, on lève, on rince et l'on fait sécher.

Quand on veut des tons vifs, on se dispense d'aluner : on emploie le double de gaude; on mène jusqu'à ce que les écheveaux aient pris la teinte demandée; on lève, on ajoute un peu de lessive de soude, puis on fait une nouvelle passe qui dure un quart d'heure. On lève, on tord, on rince et on fait sécher. Pour éviter les salissures, on enlève les bottes de gaude quand l'ébullition a dissous toute la matière colorante.

Lorsqu'on a des tissus à teindre, on foularde dans de l'acétate d'alumine à 7 degrés, on sèche à la chambre chaude pendant deux ou trois jours. On dégomme dans de l'eau à 40 degrés avec 1 à 2 kil. d'alcali, on rince. Pour le gaudage, on passe l'étoffe dans le bain chargé de gaude par trois quarts d'heure d'ébullition, on enlève le sac qui contient la gaude, on refroidit à 40 degrés, on plonge les pièces, puis on manœuvre pendant le temps nécessaire pour que la nuance soit montée. En variant les doses de gaude, d'alun ou d'acétate d'alumine, on fait varier les nuances, qui sont d'ailleurs variables encore avec la température à laquelle on teint; en opérant à froid on obtient les nuances les plus claires.

Teinture de la soie. — La gaude sert pour la teinture de la soie en jaune franc; la soie cuite dans 20 parties de savon pour 100 de soie est alunée et rincée. On prépare un bain avec 20 kil. de gaude pour 10 de soie. La décoction se fait par une ébullition de trois quarts d'heure. On laisse déposer, on arrête toutes les impuretés par filtration, on laisse refroidir; puis, lorsque la température n'est plus que de 30 degrés, on passe la soie qu'on mène jusqu'à ce que la couleur soit uniforme. Pendant cette opération on fait bouillir la gaude avec de nouvelle eau; on rejette la moitié du premier bain, on la remplace par la décoction fraîche; ce nouveau bain est à 35 degrés. On lisse et on remonte avec une petite addition de potasse qu'on a mise au moment où l'on a mêlé les deux décoctions; cette addition se fait d'ailleurs pendant la manœuvre, suivant que la nuance doit être plus dorée; on tord à la cheville et on échantillonne. Une nouvelle passe est indispensable si la couleur n'est pas assez montée. On associe le rocou et le bleu de cuve pour varier les nuances. Le rocou la fait tourner à l'orangé, le bleu de cuve donne une nuance verdâtre. Il est indispensable de cuire fortement la soie avec 30 kil. de savon pour 100 de soie, si l'on cherche des nuances très-claires. La soie qui a reçu l'azurage peut être teinte en verdâtre par le seul fait de l'addition du jaune sur l'azurage préalable.

Graine de Perse.

La graine de Perse, comme nous l'avons dit, est le fruit d'une espèce particulière de rhamnus. Les recherches sur le vert de Chine ont fixé l'attention sur ces espèces botaniques ; les baies, les fruits et les écorces ont été l'objet d'essais nombreux; plusieurs ont été suivis de résultats intéressants. Les baies vertes du *rhamnus infectorius* (graine d'Avignon), du *rhamnus saxatilis* (graine de l'erse), du rhamnus alaternus et du rhamnus amygdalinus contiennent une matière colorante jaune. Ces matières se retrouvent quelquefois dans d'autres parties, d'autres espèces ; elles se comportent à la teinture comme les baies elles-mêmes ; mais on a remarqué que l'état de maturité fait varier la couleur. Nous donnerons ici les circonstances dans lesquelles la couleur jaune persiste.

Les fruits du rhamnus frangula (bourdaine) cueillis avant la maturité, avant juillet et août, teignent en jaune brillant et solide, d'après Dambourney. Le rhamnus infectorius contient dans ses baies, avant maturité, le jaune de graine d'Avignon ; le rhamnus catharticus donne un jaune fauve lorsque la baie n'est pas mûre; on sait qu'après la maturité le jus fournit le *vert de vessie*. Les rhamnus tinctorius auxquels plusieurs botanistes rapportent les baies qui constituent la graine de Perse sont plus estimés des teinturiers ; ils fournissent une couleur jaune très-brillante. L'écorce intérieure du rhamnus infectorius, à l'état frais, l'écorce fraîche du bourdaine et sa racine donnent une matière jaune soluble et brillante ; l'écorce du rhamnus catharticus se comporte de même ; l'écorce et les feuilles du rhamnus alaternus colorent en jaune, et le rhamnus frangula donne un jaune verdâtre.

Si l'on remarque avec M. N. Rondot, que le bois du rhamnus alaternus donne une couleur bleu foncé et que l'écorce fraîche du même nerprun et des rhamnus catharticus, frangula et infectorius contiennent une matière jaune, on conçoit la préparation du vert de Chine telle que l'a donnée le P. Hélot. Disons en passant que rien n'est plus remarquable que les évolutions de la matière colorante contenue dans les nerpruns, qui passe du rouge au violet, au bleu, au vert, au jaune. Il est probable que le vert de Chine est formé, comme nous l'avons dit, d'un bleu et d'un jaune qui possèdent tous deux séparément la propriété de ne rien perdre de leur éclat à la lumière artificielle, et qui se trouvent réunis dans le *rhamnus chlorophorus*.

Nous avons vu qu'à la Chine on trouvait un jaune très-convenable pour modifier le bleu des nerpruns dans le fruit d'un gardenia (*hoang-tchi*), ou dans la fleur du *sophora japonica* (*hoaï-hoa*). Cette circonstance nous conduit à présenter ici l'histoire de ces teintures.

Sophora japonica. — (Hoaï-hoa).

Un prêtre de l'ancienne mission de Péking, le R.-P. Cibot, a fait connaître la manière dont on prépare le hoaï-hoa ; les propriétés de la matière colorante sont les mêmes que celles de la rutine extraite des boutons de fleurs du *capparis spinosa*, et de la substance cristallisable découverte par M. Weiss, dans le ruta graveolens.

D'après le P. Basile de Glémona, le *hoaï-hoa* serait extrait d'un arbre semblable à l'acacia ; le principe colorant est retiré des fleurs. En effet, la fleur du sophora fournit, d'après MM. Fortune et Hoffmann, une teinture jaune, la pulpe des gousses une couleur orange ou jaune ; M. Martius déclare que le mélange des boutons de fleurs, des pédoncules et des tiges sert à teindre en beau jaune les vêtements de soie des mandarins.

M. Natalis Rondot fait connaître en ces termes la méthode pratiquée devant lui.

« On met le hoaï-hoa dans une chaudière pleine d'eau, on chauffe, on maintient l'ébullition pendant une heure et demie, et l'on plonge dans ce bain la pièce qui depuis la veille au soir était dans un bain d'alun. »

Voici, d'après Kong-tching, teinturier chinois de Canton, comment on procède :

« Prenez de l'eau bouillante, mettez-y le hoaï-hoa et laissez-le longtemps dans cette eau ; au bout d'un certain temps, la couleur et l'odeur montent ; décantez; le résidu n'est bon à rien. Prenez cette eau ; pour la rendre tiède, ajoutez de l'eau chaude et plongez la pièce dans ce bain. Manœuvrez-y bien la pièce. Cela fait, il faut de l'eau de source pour rincer la pièce. Après le rinçage, la toile a une belle couleur jaune ; vous devez faire usage pour cette teinture d'un peu d'alun. Commencez par mettre la pièce dans une eau d'alun, un jour et une nuit, ou une seule nuit ; teignez ensuite, c'est fini. »

Deux autres teinturiers chinois, Tchu-Yune et U-ching, se servent par les mêmes méthodes du hoaï-hoa pour teindre les tissus de coton ; ils obtiennent des jaunes très-vifs sur cette matière ; à Ting-haï, on teint des toiles en jaune pur au prix de 25 centimes le mètre carré ; Sang-sine, fabricant de tapis à Ning-po, prépare, avec ces boutons de fleurs sur laine et sur poil de chèvre, des jaunes assez brillants.

Ces indications, précieuses au point de vue de la teinture, ont été confirmées par les observations des teinturiers européens ; à peine avait-t-on connu la nature du hoaï-hoa, que MM. Michel, Guinon et Renard retirèrent des fleurs du sophora japonica des jardins de Lyon une belle teinture jaune. M. Martius obtint le même résultat avec les fleurs provenant des jardins de Kew.

Quelques observations et plusieurs documents écrits tendent à faire admettre qu'on peut teindre en vert au moyen du sophora japonica. Nous pensons que cette teinture ne se produit que lorsqu'on a déjà mis un peu de bleu ; c'est ce qui résulte des communications de M. Meadows : « Pour teindre en vert 1,000 pieds de toile de coton de 1 pied et demi de large, il faut 18 à 19 kilog. de hoaï-hoa, 3,780 d'alun et 300 litres d'eau ; on fait bouillir pendant six heures, on met ensuite la toile dans ce bain, on fait bouillir pendant trois ou quatre heures, on la fait sécher au soleil, on remet la pièce dans le bain, on la soumet à une ébullition nouvelle, on étend encore au soleil, et l'on recommence une ou deux fois de plus, selon que l'on veut un vert plus ou moins foncé. Il est d'usage dans le Tche-kiang de teindre le coton comme la soie d'abord en bleu clair, avant de teindre l'un ou l'autre en vert. » Dans la teinture en vert, il se peut qu'on ajoute au hoaï-hoa quelque peu d'écorce de nerprun donnant la coloration bleue. Je penche vers cette opinion.

Ces renseignements m'ont paru devoir trouver leur place ici et pouvoir servir de base aux tentatives qu'on pourrait faire pour utiliser le principe colorant que M. Schunck a retiré des feuilles du polygonum fagopyrum (sarrasin).

Gardenia grandiflora (hoang-tchi).

Nous avons fait connaître en son lieu la matière colorante jaune que M. Rocheleder a retirée du gardenia grandiflora et qu'il a nommée *crocine*. L'opinion du docteur Rocheleder, que cette matière est employée par les teinturiers chinois, se trouve confirmée par l'examen qu'on a fait du tchi ou hoang-tchi, par les documents écrits qui nous ont été transmis par M. N. Rondot et par les essais auxquels M. Persoz s'est livré sur des fruits importés de Chine et recon-

nue comme provenant du gardenia grandiflora, plante de la famille des rubiacées. Nous transcrirons ici les renseignements que renferme à ce sujet la notice sur le vert de Chine publiée par M. Rondot sous les auspices de la Chambre de commerce de Lyon.

On connaît sous le nom de *tchi* trois espèces distinctes qu'on rapporte aux variétés *radicans*, *florida* et *grandiflora*. Elles possèdent des qualités différentes au point de vue du teinturier. L'une est représentée par des fruits allongés *tchi-tse*, l'autre par des fruits ovoïdes moins gros que le précédent *chan-tchi*, la troisième beaucoup plus petite sans désignation. Le fruit allongé est le plus répandu; le plus ovoïde est le plus estimé, mais le moins riche en principe colorant. Kong-tching a teint à Canton de la soie, devant M. Rondot, en une couleur jaune très-estimée par les Chinois, et Tchu-Yune a coloré du coton par la même substance tinctoriale. Cette matière sert à donner un pied de jaune pour beaucoup de verts sur coton et sur tissus de soie, quelquefois pour des étoffes qu'on veut teindre en écarlate, en cerise, en cramoisi, par l'addition du carthame.

Le hoang-tchi, que la Chambre de commerce de Lyon tenait du docteur Martin d'Erlangen, appartient à la variété *tchi tse;* les fruits donnés par M. Remi Smith et Ce appartiennent à l'espèce *chan-tchi*.

M. Persoz a fait sur le hoang-tchi des expériences intéressantes qui peuvent être, quoique incomplètes, résumées dans les termes suivants :

« On épuise les graines et les capsules par le sulfure de carbone qui enlève la totalité du corps gras sans se charger d'une quantité sensible de matière colorante. Le corps gras une fois parfaitement enlevé, on fait agir l'esprit de bois rectifié qui dissout très-bien la matière colorante; mais comme elle est logée dans les cellules, il faut des traitements réitérés pour l'enlever en totalité. On soumet à la distillation la dissolution; il reste pour résidu dans la cornue une substance jaune rougeâtre, d'apparence cristalline, soluble dans l'eau qu'elle colore comme le ferait l'acide picrique.

« Cette matière colorante, qui se comporte à la manière des acides faibles, puisqu'elle s'unit aux divers oxydes, notamment aux oxydes d'alumine, de fer, d'étain, avec lesquels elle forme des laques, présente cette particularité, qu'elle donne directement sur soie et sans le secours d'aucun auxiliaire un jaune pur brillant à la lumière artificielle, inaltérable par les acides et les alcalis, excepté l'acide nitrique, qui la détruit.

« Son mode de fixation sur la soie est des plus simples; il suffit de faire avec l'eau pure une décoction de fruits, ou mieux encore de la graine seulement lorsqu'on veut avoir des nuances plus pures. Quand on fait usage d'eau ordinaire, il faut ajouter au bain 2 gram. d'alun et 1 gram. d'acide oxalique par litre d'eau. Le bain ainsi monté, on y plonge la soie à la température de 40 à 50 degrés; elle s'y teint très-promptement.

« Pour teindre la laine, il faut faire intervenir dans le bain une assez forte proportion de composition d'étain ou bien aluner préalablement la fibre.

« Quant à la teinture du coton, elle se fait toujours très-bien, si l'on a mordancé à l'avance cette fibre par les acétates d'alumine ou de fer. »

Bois jaune.

Le bois jaune donne une teinture solide sur laine, soit qu'on l'emploie directement, soit qu'il se fixe avec un intermédiaire. Le grand défaut de cette matière, bien que très-résistante à l'air, résulte de l'altération qu'elle subit au contact des alcalis; elle ne peut servir de base à toute fabrication dans laquelle la teinture doit être suivie du foulonnage. Le bois jaune ne peut donc être réservé que pour certaines colorations en jaune ou en nuances qui en dérivent sur tissus de laine; on ne saurait s'en passer dans toutes les nuances qui tiennent du vert de Saxe et dans lesquelles le bleu de Saxe joue un rôle plus ou moins important.

Les opérations pratiques auxquelles nous avons vu qu'on soumettait la gaude se confondent avec celles auxquelles on sonmet le bois jaune. On remarque cependant plus de fraîcheur dans la première; aussi réserve-t-on la dernière pour les couleurs composées et les tons rabattus.

Le bois jaune appliqué sur la laine communique à l'étoffe une certaine roideur qui donne de la rudesse au toucher. Il est présumable que le tanin que le bois contient est la cause de ce phénomène, qu'on évite par l'addition de rognures de peau; la gélatine précipite le tanin : il serait intéressant de voir par des expériences directes si cette opération altérerait les qualités du bois jaune, considéré sous le rapport de sa résistance à la lumière.

Pour teindre de la laine avec le bois jaune, on donne un bouillon avec 240 ou 260 gr. d'alun et 240 à 260 gr. de tartre pour 1 kil. de laine; on ne rince pas, on fait bouillir ensuite dans un bain qui contient pour la même quantité de laine 1 kilo de bois jaune auquel on ajoute un peu de composition d'étain pour l'écarlate; l'ébullition dure un quart d'heure, puis on échantillonne.

On teint la soie lorsqu'on l'a préparée par le bain d'alun, on rince et on teint dans la décoction tiède sans addition.

On ne fait la teinture du coton qu'en associant la gaude et le bois jaune. La décoction contient à la fois les parties solubles abandonnées à l'ébullition par les deux matières tinctoriales. La préparation est celle de la teinture en jaune par la gaude seule.

Quercitron.

Lorsqu'on plonge la laine dans une décoction faite de quercitron et d'alun à poids égaux, on obtient une coloration jaune très-vive; l'ébullition du quercitron pendant deux minutes suffit pour enlever toute la matière colorante que le quercitron renferme; on immerge l'étoffe en donnant la nuance la plus foncée, on passe les nuances claires dans des bains appauvris, mais non encore épuisés. Par ce moyen, les parties fauves sont enlevées et les nuances claires restent plus pures. Au sortir du bain, on avive en donnant une passe dans une eau blanchie par un peu de craie; dans ces circonstances, la couleur ne semble pas offrir la même solidité que lorsqu'on soumet l'étoffe au bouillon avant de la teindre. On commence par préparer la laine en la faisant bouillir pendant une heure dans une dissolution d'alun contenant pour 12 kilos de laine 2 kilos d'alun; on n'ajoute pas de tartre. On passe dans un bain qui a reçu à l'ébullition 2 kilos de quercitron; on manœuvre jusqu'à ce que la couleur soit suffisamment montée; on lève, on avive avec de la craie qu'on jette dans le bain, on pallie, puis on abat, on mène encore huit à dix minutes.

On obtient une nuance plus foncée si l'on fait usage de composition d'étain. On prépare une nuance tirant sur le vert en ajoutant du tartre; 10 parties de quercitron, 5 d'alun, 7 de composition d'étain produisent un jaune très-brillant, doré, sans tourner à l'orange.

Teinture de la soie. — On peut remplacer dans la teinture de la soie la gaude par le quercitron. On passe la fibre en alun, puis on teint. A cet effet, le bain contient pour 12 kilog. de soie 2 kilog. de quercitron; on manœuvre dans le bain à 30 ou 40 degrés; on avive par une addition de craie ou de potasse. On peut encore ajouter à la dissolution d'alun un peu de composition d'étain.

Teinture des tissus de coton. — On foulardo dans l'a-

cétate d'alumine à 7 degrés ; on fait sécher à la chambre chaude ; trois ou quatre jours après, on peut teindre. On dégomme dans un bain d'eau marquant 40 degrés et contenant 1 à 2 kilog. de craie.

La teinture se fait en préparant un bain dans lequel on met par pièce à teindre 1 ou 2 kilog. de quercitron renfermé dans des sacs à tissu peu serré. On fait bouillir près d'une heure, plutôt moins que plus, on enlève les sacs, et on remplit d'eau froide le bain qui n'était qu'à moitié dans la chaudière ; on ajoute 20 à 30 grammes de colle par kilog. de quercitron ; quand la température ne marque plus que 35 à 40 degrés, on plonge les pièces qu'on manœuvre pendant 15 à 20 minutes. On réchauffe par la vapeur. On obtient des jaunes clairs en diminuant les doses, ou bien en se servant de bains ayant déjà fourni des colorations foncées.

Fustet.

Le seul reproche qu'on puisse faire au fustet comme matière tinctoriale résulte de son peu de résistance à l'air. Il ne donne aucune nuance bon teint. Cependant son usage est considérable dans la teinture sur mérinos, parce que les nuances auxquelles il conduit ne peuvent être produites par d'autres matières.

On peut l'employer avec le tartre et l'alun, lorsque les couleurs qu'on veut produire n'exigent pas une grande fraîcheur. La meilleure préparation qui lui convienne est le tartre additionné de composition d'écarlate.

On procède de la manière suivante : on fait un bouillon de sel d'étain et de tartre ; on y ajoute la décoction de bois de fustet. On mène jusqu'à ce que le drap ait la teinte voulue. Pour obtenir des nuances claires, il est indispensable d'éviter l'ébullition, parce qu'à cette température le fustet s'altère et produit une couleur d'une nuance plus ou moins rousse qui se trouve fixée.

Pour préparer le bain de teinture, on commence par remplir la chaudière de l'eau la plus pure ; si l'on a de l'eau de pluie ou de l'eau de puits, on la filtre pour éliminer toutes les matières étrangères qui pourraient maculer le tissu. On rince la chaudière chaque fois qu'on la monte avant la filtration. On fait bouillir, on jette alors le bois dans le bain, enfermé dans un sac de toile ; on maintient l'ébullition pendant une demi-heure au plus ; le bain chargé de matière colorante est d'un brun foncé. Une étoffe plongée dans le bain ne se colorerait qu'en jaune fugace. Le tartre et la composition d'étain fixent la matière sous forme d'un précipité d'un jaune vif. On verse donc, avant de plonger les pièces, la composition d'écarlate et le tartre ; on pallie bien et on plonge les pièces ; on les mène vivement jusqu'à ce qu'elles aient atteint la nuance voulue ; on fait sortir les pièces du bain au moins deux ou trois fois, parce que le ton s'égalise bien mieux par cette exposition à l'air. Pour remplacer la décoction qui s'épuise, on place le nouet qui tient le fustet une seconde fois à l'ébullition, et on ajoute une nouvelle quantité de tartre et d'écarlate pour remplacer la portion de ces sels enlevée par les tissus.

D'après M. Chevreul, pour teindre 10 kilos de laine, on amène presqu'à l'ébullition le liquide de la chaudière ; on la garnit avec 1,200 gr. de crème de tartre et 700 gr. de dissolution d'étain pour l'écarlate, on ajoute le sac de toile qui contient le fustet, et lorsque le bain est légèrement coloré, on entre les laines ; on retire le sac et les laines sont lissées jusqu'à la nuance. Quand on a fait l'échantillonnage, on lève et on rince. Si l'on veut arriver à la nuance dorée, lorsque les laines ont reçu le pied de jaune jugé convenable, il faut lever les laines et verser dans le bain plus ou moins de cochenille moulue, tout en manœuvrant la mise pour arriver au ton demandé, bouton d'or ou jaune foncé.

TEINTURE.

Curcuma.

Quoique le jaune s'obtienne souvent sur soie par le moyen de la gaude, on emploie quelquefois le curcuma ; c'est surtout pour préparer les jaunes modifiés par le bleu pour produire du vert. Le curcuma donne des nuances peu solides.

On fait en Chine un grand usage du curcuma longo, qui se nomme *kiang-hoang*, et qu'on trouve très-répandu dans les provinces de Kouang-Toung, de Kouang-Si, de To-Kien, de Tché-Kiang, de Sse-Tchouen. C'est la teinture jaune le plus en usage et le meilleur marché. On la rend plus durable en donnant un pied de *hoang-teng* (rotin jaune) ; le curcuma ne coûte guère, en poudre, que 80 centimes le kilog.

Pour employer le curcuma, on verse de l'eau bouillante sur la matière en poudre, on pallie, on laisse reposer, puis on décante ; on ajoute un petit verre de jus de citron pour 600 gr. de curcuma, et 2,400 gr. de curcuma pour 600 gr. de soie soumise à la teinture. Quelques teinturiers préfèrent le vinaigre au jus de citron ; d'autres ne font aucune addition d'acide.

Acide picrique.

C'est à la teinture des soies que M. Guinon a le premier appliqué l'acide picrique. Nous avons donné plus haut la manière de préparer cet acide dans un état de pureté suffisante pour les besoins de la teinture.

La dissolution d'acide picrique étendue d'une quantité d'eau convenable, mais en rapport avec la nuance qu'on veut produire, est mise dans le bain ; il n'est besoin d'aucun intermédiaire pour favoriser la combinaison de la matière colorante avec la soie. On doit opérer à la température de 30 ou 40 degrés pour que la réaction se fasse bien également ; à leur sortie du bain, les soies teintes par l'acide picrique doivent être mises au séchoir sans aucune opération ou lavage.

L'acide picrique est appliqué depuis assez longtemps à la teinture des couleurs vertes et jaunes rompues sur mousselines laines. Les précautions à prendre sont les mêmes que lorsqu'il s'agit de la soie ; il est seulement nécessaire d'élever un peu plus la température du bain, surtout pour les nuances foncées.

On ne peut reprocher à cette teinture que son altérabilité sous l'influence des lavages répétés.

Rocou.

Lorsqu'on fait usage du rocou, qui donne les nuances jaune orangé, comme nous l'avons dit, on facilite la dissolution en ajoutant au bain de petites quantités d'alcali, qui détruisent encore une partie de la teinte rouge provenant de l'altération à l'air de la matière colorante jaune Le rocou, coupé par morceaux, mêlé de son poids de cendres gravelées, est amené quelque temps à l'ébullition dans une chaudière, et le bain est prêt. La laine est manœuvrée jusqu'à la nuance voulue. On peut modifier la nuance avec des additions de matières colorantes qui teignent la laine ; mais rarement on fait usage de rocou pour teindre les draps, parce que la nuance n'est pas solide, et parce qu'on peut arriver à cette teinture par d'autres principes plus résistants ; on s'en sert donc exclusivement pour les soies.

Teinture de la soie. — Lorsqu'on veut teindre en aurore, en orange, en rouge orangé, les soies sont cuites dans le savon, à raison de 20 parties pour 100 ; elles sont dégorgées et plongées dans une dissolution alcaline de rocou qui fait fonction de bain de teinture ; le bain est chargé suivant la nuance qu'on veut obtenir ; on le porte à 60 degrés à peu près. On manœuvre, on lève et on tord pour échantillonner. Si la teinte n'est pas assez foncée, on abat de nouveau pour lisser, retordre et rincer. Lorsque la nuance est au point voulu, deux battues en rivière éliminent l'excédant du rocou

non combiné. La teinte aurore est produite par le rocou seul ; pour les nuances orange et rouge orangé, il faut ou virer, ou rougir par une addition de principe colorant rouge.

On vire au rouge les soies teintes en aurore au moyen d'une passe dans une eau chargée de vinaigre, d'alun ou de jus de citron. L'acide détruit la combinaison de la matière colorante avec l'alcali qui facilitait la dissolution. Le rocou reprend la couleur rouge qui lui est propre. Pour les nuances très-foncées, les soies teintes au rocou, virées au rouge par un bain d'alun, sont encore montées par un nouveau passage ou dans le bain de brésil, ou dans un bain de carthame. On se sert à cet effet des vieux bains de safranum. On doit sécher à l'abri du contact de la lumière les soies teintes avec le rocou.

Teinture des cotons. — Lorsqu'on veut teindre le coton au moyen du rocou, le bain se prépare en broyant cette matière avec le double de son poids de carbonate de potasse ; on laisse déposer le liquide après l'avoir pallié convenablement. On transporte dans un bain chauffé pour y entrer le coton. On ajoute du tartre pour que le bain devienne légèrement acide ; on lisse le coton ; on le tourne, s'il est en pièces. La couleur devient ainsi très-vive et très-unie. On termine par un léger lavage ; on sèche dans une étuve.

6. Teinture en nuances composées.

Nous avons pu voir, d'après les nombreuses substances énumérées ci-dessus, la richesse des ressources que la science moderne a mises à la disposition des teinturiers. On se ferait une idée bien fausse de la variété des nuances que le consommateur peut demander, si l'on perdait de vue que toutes les matières colorantes dont les propriétés chimiques sont voisines peuvent se mélanger en quelque sorte en proportions indéfinies, et que la transparence de la plupart de ces couleurs permet de les placer les unes sur les autres, et de préparer ainsi par voie de superposition des tons mélangés très-variables, et tout aussi brillants que ceux qui peuvent provenir de mélanges solubles. Comme le premier pied ne sature pas la fibre, on peut faire prendre à l'étoffe de nouvelles couleurs dans des bains chargés de matières colorantes différentes.

Le cortége des couleurs composées vives et brillantes que l'industrie produit est tellement varié, qu'on est forcé pour les nommer d'aller chercher des noms pris dans toute sorte de langues et de notions, dans tout ordre d'idées, etc. ; on peut les ramener, ainsi que nous l'avons dit, à quatre classes distinctes.

Ce que nous avons indiqué sur la teinture en rouge, en jaune, en bleu nous dispense de plus grands détails ; nous nous bornerons à l'énoncé de quelques principes généraux.

Nous distinguons :

1° Les nuances formées de jaune et de bleu, formant le *vert et ses dégradations ;*

2° Les nuances formées de rouge et de bleu, formant le *violet et ses dégradations ;*

3° Les nuances de jaune et de rouge, formant l'orange, l'orangé et ses dégradations.

4° Nous rangerons dans la quatrième classe toutes les nuances qui participent à la fois du bleu, du jaune et du rouge. Elles se subdivisent en trois séries suivant que l'une d'elles domine par rapport aux autres.

Dans les *marrons* et les nuances qui l'environnent, le rouge domine ; dans les verts olive et les nuances dérivées, c'est le jaune qui se trouve en excès. La 3e série contient les couleurs dites tête de nègre et les tons qui s'y rapportent dans lesquels le bleu semble dominer.

Les noirs et les gris appartiennent à la série neutre dans laquelle ni le bleu, ni le rouge, ni le jaune ne sont en excès, chacune de ces nuances étant en proportion convenable pour se neutraliser complétement. Les gris sont formés par du noir auquel se mêle plus ou moins de fibre blanche non colorée. Nous avons vu qu'on devrait, pour obtenir chacune de ces nuances douées d'une grande solidité, qu'elles soient pures ou se classent dans la 1re, 2e ou 3e série, former le fil de laines blanches et de laines colorées dans la nuance la plus foncée.

Teinture en jaune et bleu.

(Verts, verts bleus et verts jaunes.)

Pour teindre en vert, on commence par teindre en bleu ; on rince, on teint en jaune. Lorsqu'on teint de la laine, il faut choisir comme teintures celles qui ne sont pas altérées au foulonnage, c'est-à-dire par le contact avec les alcalis. Nous avons vu que certains mélanges qui peuvent s'employer exactement dans les mêmes conditions teignent immédiatement en vert ; mais en général, à l'exception du vert de Chine, ces nuances n'ont pas un grand éclat à la lumière artificielle. Pour qu'un vert soit brillant à la lumière d'une lampe, par exemple, il faut que le bleu et le jaune qui le composent le soient aussi pris isolément. Or on a remarqué que beaucoup de bleus se dénaturent le soir en tournant au violet et même au pourpre, en même temps que les jaunes ou faiblissent ou tournent à l'orangé. Il est évident que l'harmonie du vert sera détruite le soir et que l'impression sur l'œil sera celle d'un mélange de bleu, de rouge et de jaune, c'est-à-dire d'un ton plus ou moins rabattu.

La graine de Perse fournit un jaune brillant même à la lumière artificielle, bien qu'il vire légèrement à l'orangé ; mais en supposant qu'on ne puisse en faire usage, on trouverait dans les analogues du hoaï-hoa et du hoang-tchi un jaune satisfaisant à toutes les conditions.

Quant au bleu, l'indigo, soit dans le bleu de cuve, soit dans le carmin d'indigo, le fournirait dans l'état convenable, si l'on avait le soin d'éloigner du bain le pourpre d'indigo et la phénicine qui modifient la nuance des bleus en altérant leur pureté. Lorsqu'on a préparé le bleu convenablement purifié, lorsqu'on a saturé d'oxyde d'étain une lessive faible, on sature cette dernière d'indigo ou de sulfate d'indigo. On plonge alors dans cette cuve montée par l'étain les tissus à teindre pour obtenir un bleu de ciel pur au ton voulu ; on donne sur ce premier pied de bleu le jaune en rapport avec la nuance verte qu'on veut préparer. M. Persoz a composé de cette manière des verts brillants à la lumière, qui se rapprochaient beaucoup de celui que fournit le lo-kao des Chinois.

Teinture en violet, rouge et bleu.

(Violet, pourpre, amarante et cramoisi.)

Lorsqu'on forme le *violet* par la superposition du rouge et de l'indigo, les deux nuances doivent avoir la même intensité. Il faut fixer d'abord la nuance bleue par la cuve d'inde, ou toute autre cuve d'indigo, terminer par la rougie. Telle est la méthode dont on ne s'écarte pas. Si l'on commençait par appliquer la cochenille, le rouge serait en partie détruit par la réaction de l'alcali nécessité par la cuve d'indigo. Il faudrait exagérer la dose de cochenille, c'est-à-dire augmenter la dépense.

La couleur *pourpre*, dans laquelle le rouge est en plus forte proportion que dans le violet, se prépare au moyen du campêche, de l'alun, du tartre et du sel d'étain comme bouillon ; on bleuit avec le campêche ; dans cette préparation, le rouge est fourni par la réaction du bouillon acide sur le campêche.

TEINTURE.

Le *cramoisi*, plus rouge encore que le pourpre, provient de la cochenille qui donne avec les diverses préparations métalliques des nuances plus ou moins jaunes ; on la fait virer au moyen des alcalis ; l'ammoniaque est généralement préférée.

L'amarante, plus rouge que le cramoisi, s'obtient avec une moins grande dose de bleu ; on teint comme pour le cramoisi que nous venons de voir. On surcharge avec du bleu qu'on tire du campêche ou du sulfate d'indigo. On teint en rouge d'abord, on passe ensuite dans le bain de bleu.

Nous ne voulons pas allonger cet article en donnant des compositions variées pour produire sur laine, sur soie et sur coton, les nuances en quelque sorte innombrables qui tiennent du rouge et du bleu. Nous nous bornerons à transcrire les doses indiquées par M. Chevreul pour préparer le violet sur laine.

Teinture de la laine en violet. — On prend, d'après M. Chevreul, pour 10 kilog. de laine à teindre en violet fin, 1 kilog. d'alun, 2 kilog. de crème de tartre pour monter un bouillon ; on manœuvre les laines au bouillon pendant un quart d'heure ; on lève et on évente. Après avoir rafraîchi le bain, on ajoute de la cochenille ammoniacale et du carmin d'indigo dans des proportions déterminées par la nuance que l'on veut obtenir ; on lisse jusqu'à la hauteur demandée ; on lève et on lave.

On peut remplacer la cochenille par le bois de Campêche. On monte le bouillon avec 2,500 gr. d'alun, 1,250 gr. de crème de tartre et 1,250 gr. de composition d'étain; on fait bouillir pendant une heure et demie ; on lève, on met au frais et on laisse sur le mordant pendant trois jours ; on rince et on monte un bain faible de campêche à 70 degrés ; on lisse jusqu'à la nuance voulue.

Teinture de la soie. — On se sert pour teindre la soie dans les nuances violettes soit de cochenille et de bleu de cuve, ou de bois de Brésil, soit d'orseille. Le violet fin se fait avec la cochenille et le bleu de cuve.

Pour obtenir le violet fin, on prépare la soie, puis on lui donne la rougie par la cochenille, comme pour avoir le cramoisi ; seulement, on ne met dans le bain ni crème de tartre ni dissolution d'étain ; on met plus ou moins de cochenille, suivant la nuance qu'on veut faire. On prend ordinairement, pour un beau violet, 16 kilog. pour 100 kilog. de soie. On teint, on lave à la rivière en donnant deux battures; on passe ensuite dans une cuve plus ou moins forte, suivant la hauteur du bleu qu'on veut superposer. On lave et on sèche avec précaution.

Lorsqu'on remplace la cochenille par le bois de Brésil, on obtient des nuances qui peuvent ne pas manquer d'un certain éclat, mais qui ne sauraient être considérées comme résistantes.

Teinture en jaune et rouge.

(Écarlate, orange et rouge orangé.)

On donne le nom d'*écarlate* à la couleur que forme la cochenille précipitée par un sel d'étain. Dans ce cas, le jaune que prend l'étoffe paraît résulter de la destruction d'une partie de la cochenille employée. On a donc économie à joindre à la cochenille, pour en diminuer le poids, une matière colorante jaune. On a donné la préférence au fustet et au curcuma. On obtient toutes les nuances qui dérivent de l'orange en variant les doses de la composition d'étain, de la cochenille et des matières colorantes jaunes (fustet, curcuma, gaude, etc.).

7. Teinture en noir.

On sait que le composé formé par l'oxyde de fer, l'acide gallique et le tanin, qui constitue l'encre ordinaire, d'un gris violet, lorsqu'il est étendu, paraît noir quand il est concentré, et qu'il peut servir à la teinture en noir des laines, des soies, du fil et du coton ; on l'associe généralement aux composés formés par les sels de cuivre et le campêche.

Teinture de la laine. — D'après M. Chevreul, pour teindre en noir la laine en écheveaux, on commence par la lisser dans un bain de carbonate de soude à 2 degrés Baumé et à 5 degrés centigrades pendant environ une demi-heure ; on rince à l'eau courante, puis on fait bouillir avec de l'eau qu'on a légèrement étendue d'alun ; on donne un bouillon de quelques minutes, puis on laisse déposer le bain, qu'on tire à clair dans une barque en bois. La température étant descendue vers 70 degrés, les laines sont placées dans un panier à claire-voie, de dimension telle qu'il puisse descendre facilement dans la barque. On presse les laines, puis on les descend dans le bain, de manière qu'elles y plongent entièrement. On les laisse tremper une heure ou deux, on les retire ensuite pour les rincer ; elles sont dans cet état disposées pour la teinture.

On passe dans un bouillon qui contient 500 gr. de sulfate de fer et 1 kilog. de tartre rouge ; on rince à fond. On monte un deuxième bain avec du campêche qu'on fait tourner avec un peu d'acétate de cuivre ; on y lisse les laines jusqu'à ce que le noir soit suffisamment monté ; on rince pour enlever toutes les molécules qui ne sont pas adhérentes.

Lorsqu'on veut teindre de la laine en pièce comme des draps, on commence par leur donner un pied de bleu de cuve qui fournit un noir plus solide avec une nuance toujours plus pure et plus intense.

Les proportions auxquelles on accorde généralement la préférence sont 5 kilog. de noix de galle, 30 de bois de Campêche, et 5 de sulfate de fer pour 100 kilog. de drap. Voici comment on procède dans d'autres localités :

Pour 110 à 120 mètres de drap passés au bleu de cuve, on prend 5 kilog. de noix de galle, 1 kilog. bois d'Inde, 1 kilog. de sulfate ou de pyrolignite de fer, 1 kilog. d'acétate de cuivre ; on mélange à 100 degrés. Quand le bain est bien noir, on partage la liqueur en trois parties ; le premier tiers est refroidi jusqu'à 40 degrés ; on y trempe l'étoffe qu'on manœuvre sur le tour. On lève et on évente ; on ajoute dans la liqueur le deuxième tiers, auquel on mélange 3 à 4 kil. de sulfate de fer ; on trempe, puis on lève et on évente de nouveau ; enfin, on ajoute le dernier tiers, puis 1 kilog. de sulfate de fer et 2 à 3 kilog. de sumac ; on élève à l'ébullition, on trempe l'étoffe, après avoir rafraîchi, on lève, on évente, on rince et on foulonne ; on rince à la rivière.

On opère plus simplement encore en passant le drap bleu sur un bain de noix de galle bouillant pendant deux heures ; on le passe ensuite dans un bain de bois d'Inde et de sulfate de fer sans faire bouillir. On lave et on foulonne.

On trouvera dans les ouvrages spéciaux des milliers de dosages qui tous oscillent autour de ceux que nous venons de donner. Les méthodes sont variables avec les localités ; le tanin est fourni tantôt par une plante, tantôt par une autre ; le commerce distingue donc les noirs ou d'après le nom de la localité qui la fournit, ou du nom des ingrédients qui composent le bain ; on connaît le noir de Sedan, le noir de Vienne, le noir de Bédarrieux, le noir de Montauban, le noir au chromate, le noir au pudis, etc.

On donne le nom de *noir à la jésuite* au noir brillant fait à l'aide d'un appareil particulier qui permet le contact de l'air pendant la teinture même. Le tour est placé à 3 mètres au-dessus de la chaudière, de façon qu'il y ait toujours 6 mètres de drap hors du bain et en contact avec l'atmosphère. On prépare, comme dans les autres fabrications, une décoction de noix de galle,

de sumac et de campêche; on plonge les tissus à 100 degrés pendant une heure ou deux, on abat, on évente jusqu'à ce que la mise soit refroidie. On ajoute au bain un demi-kilog. d'acétate de cuivre par pièce de 15 mètres; on plonge l'étoffe et on la mène pendant deux heures à l'ébullition; on abat et on évente pour faire refroidir; on verse alors dans le bain du protosulfate de fer qu'on utilise dans la dernière passe des tissus. L'action de l'air, pendant que la pièce circule à sa sortie du bain, facilite l'oxydation du protoxyde de fer; on obtient une coloration plus uniforme et plus intense.

Teinture de la soie. — Quoique la soie grége prenne la teinture en noir très-facilement, il est nécessaire de la cuire pour que la coloration soit régulière et brillante.

On fait décreuser la soie par une ébullition avec le cinquième de son poids de savon; on maintient l'ébullition pendant quatre ou cinq heures; on blanchit au soufre et on teint après un nouveau lavage avec une eau légère de savon blanc.

On passe la soie décreusée dans un fort bain de galle, ordinairement de 8 kilog. pour 10 kilog. de soie. On fait bouillir et on laisse dans le bain refroidi pendant trente-six heures; on lève, on rince et on tord. On passe ensuite dans un bain de sulfate de fer; on rince et on lave à l'eau de savon. Au lieu de sulfate de fer on peut employer le pyrolignite de fer à 5 degrés Baumé; on tord à la cheville et l'on sèche après un léger lavage. On procède ensuite à la répétition des mêmes opérations pour avoir des noirs foncés. Une ou deux teintures suffisent pour des noirs ordinaires; il en faut une troisième pour des noirs intenses; une quatrième conduit au noir pesant. Il va sans dire que chaque engallage est suivi d'un rinçage et d'une passe en eau chargée de fer, sulfate ou pyrolignite.

Pour l'engallage, on économise souvent les galles d'Alep, auxquelles on ajoute des noix de galle blanches. On fait aujourd'hui dans les villes de Lyon et de Saint-Étienne une consommation assez considérable de galles de Chine.

La teinture est dite à un, deux ou trois *feux*, suivant qu'elle a reçu une, deux ou trois teintures superposées. La nuance sera d'autant plus égale qu'on aura lissé avec une plus grande régularité, suivant aussi qu'on aura tordu plus complétement. On adoucit par un passage en savon.

On doit à M. Michel, de Lyon, une intéressante notice sur la teinture des soies en noir, dans laquelle il fait connaître les observations qu'il a faites pendant une pratique de plus de quarante ans.

Le tanin de châtaignier, qui se trouve sous le poids de 6 p. 100 dans les bois passés, trop vieux pour être consommés comme bois de chauffage, lui paraît être le plus convenable pour le noir *à la galle*.

L'infusion des copeaux de châtaignier faite à froid est d'une couleur fauve clair. Si on filtre l'infusion pour l'avoir bien limpide, elle ne tarde pas à se troubler et à laisser déposer une poudre d'un blanc ocreux qui augmente par l'ébullition; c'est de l'acide ellagique. Par la fermentation spontanée qui se développe dans une infusion faite à froid ou concentrée jusqu'à marquer 10 à 12° Baumé, l'acide tannique se transforme en acide gallique; dans un liquide qui marque 20° cette transformation n'a plus lieu, et le liquide se conserve indéfiniment; si la température de la décoction n'a pas dépassé 50°, le liquide peut s'étendre d'eau sans aucune décomposition; mais si la température a dépassé 60°, il se forme un corps nouveau qu'on peut comparer à l'acide ulmique et qui ne sert plus à l'engallage; il se précipite quand on étend d'eau. Ces circonstances limitent les conditions dans lesquelles le tanin de châtaignier peut être utilement préparé pour la teinture des soies.

Les pieds-de-noir étaient originairement très-compliqués. D'après M. Michel, l'oxyde de fer doit se trouver dans le bain au minimum d'oxydation et à l'état neutre; de là, nécessité d'ajouter de la limaille de fer aux bains de noir; l'emploi de la gomme, du sucre et d'une petite quantité de bitartrate de potasse lui paraît nécessaire pour les bains permanents; ils s'opposent à la précipitation d'une partie du composé noir formé dans la liqueur au contact de l'étoffe engallée : la gomme turi semble de toutes les gommes celle qui donne le meilleur résultat dans les bains très-denses.

La composition ferrugineuse la plus convenable est un mélange à poids égaux de sulfate, de protoxyde de fer et de pyrolignite.

Dans ces conditions, l'ancien bain qu'il fallait maintenir à 35° Baumé se remplace par un bain de 1 à 2° Baumé que chaque teinture épuise.

Ce nouveau procédé apporte une grande régularité dans les opérations, une grande économie dans les fournitures, comme dans la main-d'œuvre; il débarrasse de la crainte continuelle d'altérer les soies.

L'économie dans les fournitures consiste dans la suppression des matières gommeuses, et de tous les ingrédients que l'empirisme avait entassés dans les pieds-de-noir. Quant à la main-d'œuvre, elle est bien simplifiée; avec les bains denses et gommeux, il faut cinq ou six fois tordre fortement à la cheville les soies chaudes, les secouer vivement pour faciliter l'oxydation. Avec les bains faibles et sans gomme, il suffit, après chaque immersion, de lever les soies et de les placer sur deux grandes barres, où l'air les oxyde pendant qu'on réchauffe le bain pour l'immersion suivante.

Teinture du coton. — On apporte une grande économie dans la teinture en noir de la fibre du coton en faisant usage de pyrolignite de fer préparé, comme nous l'avons dit en parlant des préparations ferrugineuses.

On commence, d'après Vitalis, par engaller 100 kil. de coton avec 16 kilog. de noix de galle. On peut ajouter à la noix de galle du sumac et du bois d'Inde; alors, on diminue la dose de noix de galle; on donne un premier bain à 50 degrés à peu près; le coton trempe quatre à cinq heures; on lève, on tord et on fait sécher en plein air si le ciel est pur, sous des hangars si le temps est couvert.

Lorsque le coton est bien sec, on le plonge dans un bain d'eau tiède qui contient la quantité de pyrolignite de fer en rapport avec la nuance qu'on veut obtenir. On manœuvre pendant une demi-heure, en levant, éventant, rabattant et menant de nouveau la mise pour égaliser la teinture. On engalle de nouveau, puis on donne sans sécher une nouvelle passe dans le bain de pyrolignite de fer; dans ce cas, l'engallage et le bain ferrugineux sont un peu plus faibles. On répète encore ces deux opérations à la suite l'une de l'autre sans sécher; on lève, on évente pendant un quart d'heure, puis on lave et on fait sécher.

On donne au coton teint en noir une assez grande souplesse en le passant, après la teinture, dans un bain blanc semblable à celui dont on fait usage dans la fabrication du rouge d'Andrinople. A cet effet, on verse sur une partie d'huile tournante 36 à 40 parties d'eau chargée de soude marquant 1 degré Baumé; on emploie 60 gr. d'huile pour 1 kilog. de coton. On tord et on fait sécher, on lave à l'eau courante, on bat et on sèche de nouveau pour la dernière fois. On peut ajouter encore à la solidité du noir en associant à l'engallage une décoction de gaude, qui donne un principe jaune ca-

pable d'absorber ceux des rayons dont l'influence destructrice sur la teinture en noir est le plus à redouter.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur les méthodes appliquées jusqu'à ce jour à l'art de la teinture; on pourra voir la variété des couleurs qu'il est possible de produire en variant la composition des bains et les superpositions que les caractères spéciaux des matières colorantes rendent industriellement praticables. Nous terminerons par un aperçu succinct sur les rapports qui lient la teinture proprement dite avec l'art de l'indienneur, c'est-à-dire l'art d'imprimer sur tissus. Nous dirons enfin quels sont les procédés auxquels le fabricant peut et doit recourir pour reconnaître la nature de la matière colorante employée pour produire un effet donné, que cet effet soit produit par un tissu teint en uni, ou par une étoffe imprimée.

§ XIV. DE LA TEINTURE

considérée dans ses rapports avec l'impression.

Les détails dans lesquels nous sommes entrés, quelque variés qu'ils soient, ne donnent encore qu'une idée bien imparfaite de l'étendue des services que la teinture rend aux arts vestiaires. Nous n'avons en effet compris dans tout ce qui précède que la fabrication des fonds unis. Or, rien ne saurait égaler le nombre illimité des dessins qu'on peut obtenir au moyen de la teinture quand on sait associer ses méthodes à celles de l'impression proprement dite. Nous pouvons supposer que le tissu qu'il faut teindre a reçu par une première impression ou des dessins sur lesquels la couleur ne prendra pas (réserve mécanique), ou des dessins d'une nature telle qu'ils s'opposeront à l'adhérence de la teinture qu'on veut appliquer par immersion (réserve chimique), ou des dessins faits avec des matières qui modifieront la nuance déposée par le bain (couleurs conversions); la teinture vient alors après l'impression des réserves mécaniques et chimiques, et des couleurs conversions; dans d'autres cas, on procède d'abord à la teinture et sur le fond uni on vient appliquer par le moyen de l'impression soit des rongeants capables de détruire la couleur du fond (enlevages), soit des dessins qui se superposent aux fonds pour en modifier la teinte ou par superposition, ou par conversion.

Supposons pour fixer les idées qu'on veuille obtenir un fond bleu avec des figures s'enlevant sur le fond.

Deux cas peuvent se présenter : ou la figure est assez foncée pour absorber complétement la couleur du fond, on l'imprime alors directement, ou la couleur du fond ne peut être absorbée; il faut alors réserver les figures, c'est-à-dire qu'il ne faut appliquer aucune couleur sur les parties qu'occuperont ces figures, soit qu'on les réserve, si le fond se pose le premier, soit qu'on ne les couvre pas, si le fond se pose en dernier lieu. Cet exemple, que nous allons étudier sous toutes ses formes, nous fera comprendre les services que se prêtent mutuellement la teinture et l'impression, qu'on ne devrait pas séparer, car elles ne forment qu'une même industrie.

La réserve se fait au moyen de la gravure qui ne se charge pas de couleur et qui ne la dépose que sur les places voulues, en respectant celles qui doivent rester blanches. Si l'on imprime le mordant, une passe dans un bain fixera le fond. La réserve se fera encore au moyen d'effets mécaniques ou chimiques destinés tantôt à prévenir l'adhérence d'un fond sur certains points donnés (c'est *imprimer une réserve*), tantôt à enlever au tissu pour obtenir des dessins blancs ou colorés, (c'est *imprimer un enlevage*.) On combine donc, pour préparer les tissus imprimés et les méthodes de l'impression et la teinture proprement dite, qu'on pourrait appeler par voie d'*immersion*.

Quant à multiplier les effets avec le moins de main-d'œuvre possible, la chimie apprend à préparer des mélanges qui peuvent agir à la fois comme réserves, comme enlevage, et même comme couleurs conversions, et l'on admettra sans peine que la meilleure des couleurs sera celle qu'il sera possible

1° De fixer sur une étoffe de manière à produire des dessins blancs sur un fond coloré, ou des fonds colorés avec un dessin blanc réservé;

2° De ne pas fixer en entravant l'adhérence par une réserve;

3° De ronger pour la faire disparaître;

4° D'imprimer comme réserve pour un fond donné;

5° D'imprimer comme enlevage sur un fond quelconque;

6° De convertir en des nuances plus ou moins foncées ou plus ou moins claires et plus ou moins en rapport avec la couleur primitive.

Pour épuiser ce sujet reprenons notre fond bleu sur lequel on demande de fixer une rose jaune, par exemple; six méthodes se présentent. La plus simple sera naturellement préférée. On peut :

1° Imprimer à la planche le bleu comme fond, le jaune comme rentrure;

2° Imprimer à la planche le jaune comme fleur, le fond comme rentrure;

3° Imprimer un jaune composé de telle sorte que le bleu ne se fixe pas sur lui, puis teindre en bleu. Le jaune est dit *réserve sous bleu;*

4° Imprimer sur le bleu, mis par teinture, un jaune qui détruise le bleu en conservant sa couleur propre. Le jaune est dit alors *jaune enlevage sur bleu;*

5° Teindre en bleu, imprimer un enlevage blanc et rentrer la fleur jaune (enluminage);

6° Teindre en jaune, imprimer un enlevage blanc et rentrer le fond bleu (enluminage).

Sur ces six méthodes, quatre exigent la réunion des procédés de la teinture proprement dite et de l'impression. Et, dans certains cas encore, pour les deux premières, serait-on forcé d'imprimer les mordants et de passer ensuite dans les bains de teinture. On le voit cet exemple, des plus simples, met en relief l'importance de la teinture dans l'art de l'indienneur. Au surplus, il ne faudrait pas croire que dans le cas où la teinture proprement dite est employée pour la confection des toiles imprimées il faille autant d'immersions que de nuances. On trouve dans les genres garancés, monochromes, dessins fond sur fond ou polychromes, des dessins très-variés qui résultent de la coloration différente que prend la dissolution de garance avec les différentes préparations métalliques qu'on a préalablement imprimées. Si les impressions successives apportent sur le tissu des épaisseurs variées d'une même préparation, ou des épaisseurs également variées de préparation différente, un même bain de garance fixera sur l'étoffe des dessins dégradés d'une même couleur, ou des dessins dégradés de couleurs également variées. On sait que les préparations d'alumine, de fer, d'alumine et de fer, forment avec la garance des dessins rouges, roses, lilas, gris, etc.

Nous ne saurions étudier d'une manière complète ici l'art de l'imprimeur sur étoffes; nous renvoyons le lecteur à l'article IMPRESSION SUR ÉTOFFE que contient le présent volume de ce Dictionnaire. On y trouvera le détail des outils nécessaires et des différents modes de faire, suivant qu'on imprime en creux ou en relief, en une ou plusieurs couleurs, d'une manière intermittente ou continue. Nous nous bornerons à représenter une classification des diverses matières qu'on appose avant ou après la teinture, et qui jouent le rôle de ce que nous avons appelé *réserve* ou *enlevage*.

Le rôle de ces divers agents est trop directement lié, tant au point de vue chimique qu'au point de vue

mécanique, à la nature des matières colorantes apportées par les bains, pour qu'un exposé méthodique concernant ces éléments de la décoration des tissus ne complète pas rigoureusement les études que nous avons présentées dans cet article. D'ailleurs cette exposition, différente de celle qu'on peut lire dans l'article impression, fixera les idées.

Réserve. — Toute substance choisie de manière à s'opposer à la fixation d'une couleur qu'on pose par immersion ou même par placage sans modifier la couleur, sans altérer le tissu, sans s'opposer à l'adhérence de la couleur sur les autres points, fait fonction de *réserve*. Si la réserve laisse apparaître la couleur propre du tissu, c'est un *blanc réserve* qu'on emploie. Si la réserve laisse sur le tissu, postérieurement à la teinture, une nuance donnée sur les points réservés, c'est *une couleur réserve* qu'on applique. Les réserves doivent être composées de telle sorte qu'elles disparaissent aisément après avoir joué leur rôle. Primitivement les réserves se composaient de cire qu'on posait au pinceau sur les parties qu'il fallait protéger. Aujourd'hui les réserves agissent en vertu de principes bien différents; elles sont ou *mécaniques*, ou *chimiques*, ou *physiques*.

La réserve agit rarement en vertu d'un seul principe; elle peut être appliquée soit à l'égard du mordant, soit à l'égard de la couleur proprement dite. Une réserve mécanique, par exemple la cire, protégera d'une manière tout aussi certaine le tissu de coton, qu'on l'applique sur l'étoffe elle-même sans préparation ou sur l'étoffe préalablement plaquée (*mordancée*).

La *réserve mécanique* se compose de réserve de cire, de graisses, de corps gras huileux, d'huiles essentielles.

La *réserve chimique* agit sur la teinture en précipitant, par exemple, la matière colorante avant son contact avec la matière textile; d'autres fois, elle peut détruire la matière colorante et la décolorer, l'altérer seulement dans d'autres circonstances; l'action chimique peut se porter sur un seul ou sur tous les éléments : il faut se guider dans le choix qu'on en peut faire d'après le degré de résistance de la couleur et du tissu, la saturation et la réaction acide ou basique de la couleur.

La *réserve physique* agit matériellement en absorbant la matière colorante et s'opposant à l'action de la fibre; la terre de pipe est la réserve par excellence; les corps insolubles, comme les sulfates de plomb, de baryte, etc., peuvent être employés concurremment.

Enlevage. — Faire naître, sur un fond uni, teint ou préparé par impression, une coloration blanche ou différente, tout en respectant la solidité du tissu, tel est le but de l'enlevage. Son mode d'action se définit: l'altération par nouvelle combinaison ou par destruction de la couleur qui forme le fond uni. C'est donc une réaction chimique se décelant par une dissolution de la matière déposée, ou par une destruction du principe coloré. On distingue les *acides* et les *rongeants*.

La couleur est-elle complétement détruite, laisse-t-elle apparaître l'étoffe blanchie, l'enlevage est dit *blanc enlevage*. On porte l'énergie de l'enlevage tantôt sur le mordant quand la couleur exige pour la teinture une préparation métallique, tantôt sur la matière organique lorsque la couleur adhère sans intermédiaire, tantôt sur la matière colorante organique et sur le mordant quand la matière colorante n'a pu se fixer qu'avec un auxiliaire métallique, tantôt enfin sur la matière inorganique lorsque celle-ci fait fonction de matière colorante. On obtient ces divers résultats par les acides, par une sorte de combustion de la matière colorante, par une dissolution et une combustion simultanée, par divers moyens appropriés aux caractères de la matière minérale, lorsque celle-ci se trouve être la cause de la coloration.

TEINTURE.

Les *enlevages acides* agissent ou par dissolution de la préparation métallique, ou par formation d'un composé dans lequel l'oxyde est masqué, ou par une transformation résultant d'un mouvement moléculaire capable de rendre l'oxyde insensible au contact de la matière colorante avec lequel il cesse de se combiner.

Les acides employés sont les acides oxalique, tartrique et citrique.

Les *enlevages comburants* agissent principalement sur les couleurs produites par la matière organique; l'acide chromique, le chlorure de chaux, l'acide hypochloreux, qui brûlent les matières colorantes ou les altèrent en les décolorant à la façon du chlore, peuvent être regardés comme les types de ces espèces.

Dans un grand nombre d'enlevages on doit considérer l'action comme mixte; la partie minérale de la laque se trouve éliminée par l'acide qui la dissout et la partie organique est brûlée dans un cas, décolorée dans l'autre, par l'agent comburant.

Lorsque la couleur déposée forme une laque, un acide seul peut la détruire si les deux éléments sont solubles dans l'acide employé. Si la couleur est un véritable sel inorganique, comme un chromate insoluble, chromate de plomb, un iodure insoluble, iodure de mercure, on doit choisir, parmi tous les composés que la chimie nous apprend à manier, ceux dont l'action sur la fibre la respectera le plus.

S'il est convenable de séparer ainsi les modes suivant lesquels les enlevages agissent, il faut prendre garde de trop exagérer la valeur de cette distinction, car l'acide hypochloreux, par exemple, agit à la fois comme acide et comme décolorant. On doit à M. Sacc l'introduction de l'acide hypochloreux, et le tour de main qui permet d'en faire usage; on ne peut l'employer directement en l'imprimant, tant parce qu'il se décompose rapidement, que parce qu'il attaque toutes les matières organiques avec lesquelles il est mis en contact. Or M. Sacc a tiré parti de la manière dont il se comporte en présence des sels de zinc. Il suffit, en effet, de substituer les sels de zinc à l'acide tartrique pour obtenir des enlevages blancs sur les tissus colorés, en les passant dans une solution d'hypochlorite de chaux.

Cette méthode réussit à merveille. De plus, en augmentant ou en diminuant la dose du sel zincique, on augmente ou diminue l'énergie du rongeant, au point qu'on peut obtenir par ce moyen des dégradations de nuances aussi nettes, aussi pures que possible et qu'on ne saurait réaliser par aucun autre procédé.

Voici comment on doit opérer :

On imprime au rouleau sur les tissus teints et savonnés l'enlevage suivant : eau, 1,500 gr.; sulfate de zinc, 400 gr.

Quand l'impression est sèche, on passe pendant deux minutes dans un bain froid monté à 2 degrés de l'aréomètre de Baumé avec de l'hypochlorite de chaux marquant 100 degrés chlorométriques, puis on lave et on sèche. Ce nouveau procédé d'enlevage est beaucoup plus rapide, plus sûr et plus économique que l'ancien, puisque le sulfate zincique ne coûte que 30 cent. le kilog., tandis que l'acide tartrique vaut 4 fr. le kilog.

Cette réaction résulte de cette curieuse propriété de l'acide hypochloreux de ne contracter aucune combinaison avec les sels de zinc.

M. Sacc, à qui l'on doit cette intéressante et féconde application, semble vouloir en reporter le mérite à M. Balard, qui a remarqué le premier l'action des sels de zinc sur l'hypochlorite de soude. Il est tout aussi juste de faire la part de l'un et de l'autre chimiste, du savant qui a découvert le fait et de l'ingénieux praticien qui en a su faire, quinze ans après, une heureuse application.

Lorsque l'enlevage est composé de telle sorte qu'il

TEINTURE.

laisse à la place de la couleur qu'il a fait disparaître une couleur différente de celle de la fibre elle-même, on fait usage d'une *couleur enlevage*. Ces composés sont peu nombreux ; ils se pourraient confondre avec les couleurs conversions, car l'effet qu'ils produisent provient de substitution de matières colorantes ou d'oxydes métalliques nouveaux à ceux que la couleur contenait primitivement. Ils résultent encore de l'altération de la nuance par des préparations métalliques appropriées.

Pour ne laisser aucun doute dans l'esprit du lecteur sur les rapports de la teinture et de l'impression, nous allons supposer deux exemples, l'un de réserve et l'autre d'enlevage destinés à produire, l'un comme l'autre, des dessins blancs sur des fonds de couleur, le premier sur bleu de cuve, le second sur rouge de garance.

Veut-on faire une réserve blanche sur bleu de cuve, on imprimera comme *blanc réserve* un mélange de 2 kilog. acétate de cuivre, 2 kilog. sulfate de cuivre, 500 gr. d'alun qu'on étendra dans 10 litres d'eau avec 5 kilog. de terre de pipe et 5 kilog. de gomme de Sénégal ; on bassinera suffisamment ; on ajoute 300 gr. de nitrate de cuivre et 300 gr. d'acide sulfurique. Le tissu imprimé, passé au bleu de cuve une ou plusieurs fois suivant le ton désiré, sort avec les réserves blanches, le mélange imprimé jouissant de la propriété de précipiter l'indigo sans lui permettre de contracter d'adhérence avec les parties réservées.

Veut-on produire un blanc enlevage sur rouge turc, deux méthodes se présentent, soit qu'on agisse sur le mordant, soit qu'on agisse après toute teinture.

Dans le premier cas, on imprime au rouleau le mélange suivant : dans 10 litres d'eau, 2 kilog. de gomme arabique, 1,500 gr. d'acide oxalique, 2,500 gr. d'acide tartrique ; on épaissit avec 3 kilog. de terre de pipe. Ce mélange dissout et fait disparaître la préparation d'alumine étendue sur toute la surface de la pièce. On garance dans le bain de rougie. La garance ne se fixe que sur les parties alunées ; le dessin apparaît en blanc sur le fond rouge.

Dans le second cas, l'étoffe est teinte en rouge uni. On imprime avec 12 kilog. acide tartrique, 8 kilog. de terre de pipe, 1 litre d'eau gommée, 1,660 gr. de chlorure d'étain à 66 degrés. On passe dans la cuve à décolorer par le chlorure de chaux très-alcalin. Le chlorure ne se trouve décomposé pour dégager du chlore que sur les points imprimés dont la réaction est acide : le chlorure détruit le rouge, et les points imprimés apparaissent en blanc.

Couleurs conversions. — A ces procédés qu'on peut varier en quelque sorte à l'infini par les méthodes de l'enluminage avec les couleurs dites de *rentrure*, il faut ajouter les ressources que peuvent offrir les *couleurs conversions*. En effet, on modifie encore les couleurs obtenues par teinture soit avant, soit après le fixage et par voie mécanique ou par voie chimique.

On agit par voie mécanique et sur la teinture et sur la préparation métallique dans le genre *frappé ;* on fait de la sorte apparaître des dessins fond sur fond. En frappant avec la planche l'uniformité de la couleur disparaît, la partie qui correspond à la planche se détache sur le fond ; lorsqu'on frappe sur le tissu simplement alumé, la teinture en garance fait apparaître des dessins d'une autre nuance que le reste du fond. On ajoute à la régularité de ce travail en se servant d'eau légèrement gommée, comme M. Broquette l'a proposé.

On sait que le gaufrage n'est que le produit de l'écrasement sur certains points des fibres ou tuyaux qui composent le tissu. La réflexion inégale de la lumière blanche produit des ombres et des lumières qui font croire à certains dessins. On les nomme *moirés*. M. Persoz range ces effets parmi ceux qu'il désigne sous le nom de *conversions mécaniques*.

On obtient des *conversions chimiques* tantôt en opérant sur les préparations métalliques qui servent d'intermédiaire pour fixer la couleur, tantôt sur les couleurs elles-mêmes avant même qu'elles soient fixées. Dans le premier cas, par exemple, en agissant sur le mordant, il est facile de convertir un dessin uni en un dessin à deux teintes, en superposant des mordants de même base mais formés de sels à différents acides, l'un décomposable spontanément, l'autre exigeant un passage dans un bain alcalin ; on passe dans le bain de teinture. Les parties surchargées d'alumine prendront une teinte foncée, les autres prendront une nuance plus faible. Un seul passage dans le bain fera ressortir des dessins monochromes et dégradés, qu'on nomme genre double teinte. On obtient encore le même effet et d'une manière plus simple ; on imprime, par exemple, et l'on plaque un mordant d'alumine chargé de nitrate d'alumine, on imprime ensuite de l'acétate de soude par places seulement. L'acétatede soude décompose le nitrate d'alumine, renforce la dose d'alumine ; il fonctionne comme *blanc conversion*. On passe au bain de bouse et l'on teint en garance ; on obtient les mêmes effets rouge fin sur bande fond rose.

Au lieu d'imprimer un blanc conversion sur un mordant, on peut composer deux mordants qui se convertissent à leur point de contact en des nuances plus élevées ; on prépare de la sorte des étoffes rayées dont les rayures, se coupant sous certains angles, présentent au point d'intersection une nuance beaucoup plus violette, presque noire même. Les mordants de fer et d'alumine se prêtent très-bien à ces différents genres.

On peut produire des effets conversion par une autre méthode chimique. Nous poserons le principe et nous l'appliquerons à quelques exemples. Lorsqu'une substance colorée ou colorable se trouve en mélange avec des préparations métalliques, qu'elle ne change pas l'affinité de l'étoffe pour l'oxyde, et qu'elle ne s'unit d'ailleurs au tissu qu'à la condition de certaines modifications qu'on lui fait subir, elle est capable de produire des *conversions* colorées.

Supposons qu'on veuille produire des effets de double nuance en violet ou rose passant au brun ; nous imprimerons le dessin qu'on veut convertir avec un mélange de pyrolignite de fer ou d'acétale d'alumine et d'une certaine quantité de cachou, qui ne devient adhérent au tissu qu'après une exposition à l'air ou par une oxydation sous l'influence du bichromate de potasse. En imprimant sur certains points du bichromate de potasse, on fixe le cachou de telle sorte que la teinture fait apparaître des dessins double nuance, parce qu'à la nuance du sel métallique s'ajoute celle qui convient au cachou.

Quelques sels métalliques peuvent convertir comme le fait le cachou. Si nous imprimons des bandes en aluminate de potasse auquel nous aurons ajouté quelque peu de prussiate jaune, et que sur ces bandes on imprime par places des dessins avec un mélange d'acide tartrique et d'acétate de fer, on obtient par la vaporisation des dessins en bleu de Prusse résultant de la réaction du sel de fer et du cyanoferrure ; le bousage fait disparaître le cyanure non fixé, en même temps qu'il enlève l'oxyde de fer mis en liberté par l'acide tartrique. Une passe de ce tissu dans un bain de cochenille fera ressortir le bleu de Prusse sur les bandes colorées en rose.

Les conversions chimiques s'opèrent enfin sur les colorations terminées. Un des agents le plus souvent employé pour obtenir ces sortes de conversions est le bichromate de potasse dont l'action sur les matières colorantes est des plus variées, tantôt oxydant, tantôt

déposant de l'oxyde de chrome qui se substitue, par échange de base, à la laque primitive pour donner à l'oxyde des colorations différentes et des conversions curieuses. On transforme de la sorte le campêche en noir, le quercitron en olive, la graine de Perse en jaunâtre, si l'on a précipité sur l'étoffe ces décoctions au moyen d'un sel d'alumine.

Couleurs vapeurs. — Nous ne pouvons terminer cet aperçu sur les rapports de la teinture avec l'impression sans dire au moins quelques mots, non sur la composition des couleurs vapeurs, mais sur les principes qui ont servi de base à cette industrie, et qui prennent chaque jour une extension nouvelle. On a pu voir l'influence que nous avons reconnue avec M. Chevreul à la chaleur comme moyen d'ajouter à l'affinité de la couleur et de la fibre. Il y a plus d'énergie dans la combinaison, plus de résistance aux agents extérieurs, la couleur cuite est plus solide.

Les premiers essais faits pour rendre adhérentes les matières colorantes sur les tissus datent des temps modernes; en Angleterre on n'y fit d'abord pas trop d'attention; cependant on obtint des colorations fixées à la vapeur, sur laine et sur soie, vers 1819, dans les environs de Paris, à Beauvais, à Logelbach. Aujourd'hui le fixage à la vapeur est à peu près général sur soie, laine, fil et coton.

Quelle est la théorie de cette opération? On dépose sur l'étoffe tantôt un corps soluble qui, comme l'acide prussianoferrique, se décompose sous l'influence de la chaleur en formant du bleu de Prusse, lequel se combine à la fibre, tantôt une laque, composé salin qu'on fait dissoudre dans un acide capable de contre-balancer l'énergie de la matière colorante, et qui s'empare momentanément de la base pour la lui restituer sous l'influence de la vapeur, soit que cet acide doive disparaître par le fait de la chaleur, soit qu'il perde dans certaines circonstances son affinité primitive; tantôt enfin on dépose une matière colorante en mélange avec un sel dont elle peut déplacer l'acide qui, disparaissant comme dans les cas que nous venons d'exposer, la laisse libre de contracter combinaison simultanément avec la base et l'étoffe.

On le voit, ce sont là des conditions qui nous ont paru de toute nécessité pour la teinture ordinaire : principes solubles présentés à l'étoffe, précipitation de la matière en contact avec l'étoffe, affinité développée par une élévation de température; de plus coction du principe binaire ou ternaire après sa formation; coction à laquelle M. Chevreul attribue la résistance aux agents atmosphériques. Il est évident qu'ici, comme dans la teinture ordinaire, nous constaterons l'influence des diverses fibres qui n'attireront pas avec la même énergie toutes les matières colorantes. Il en est quelques-unes qui nécessitent une sorte de préparation; mais généralement, dans ce cas, cette préparation n'est pas réclamée par les fibres, elle semble l'être beaucoup plus par la matière colorante qui, solide à l'état du mélange, demande à se trouver dissoute quand elle doit être fixée par la vapeur, et, dans la majeure partie des circonstances, l'agent qui doit fournir l'élément acide capable de dissoudre la matière colorante apporte en même temps l'auxiliaire nécessaire à l'adhérence de la substance colorante avec la fibre textile. Telle doit être au moins l'action des chlorures d'étain ou d'alumine qu'on ajoute aux couleurs vapeurs dans la plupart des cas.

L'acide oxalique, l'acide tartrique agissent dans le même sens : ils dissolvent la laque, la maintiennent soluble tout le temps de l'impression et n'abandonnent les oxydes qui se combinent avec la matière colorante et la fibre que sous l'influence de la vapeur d'eau suffisamment chaude. L'acide acétique offre sur les matières qui précèdent l'avantage de se dissiper complétement par la chaleur. Quelques composés agissent ensuite comme oxydants en remplaçant l'air qui n'intervient qu'avec lenteur dans la teinture ordinaire. Nous citerons enfin l'influence de la chaleur capable seule de déterminer certaines réactions; à cette classe appartiennent quelques colorations purement inorganiques; nous mentionnerons, comme exemple parmi les plus récentes, la fixation dans les impressions sur coton des sulfures métalliques résultant de la décomposition des hyposulfites correspondants.

En ajoutant de l'hyposulfite de soude à certains sels métalliques, tels que ceux d'antimoine, d'arsenic, de bismuth, il y a bientôt réaction entre les éléments mis en présence, de manière à donner naissance à des sulfures insolubles dont plusieurs possèdent des nuances assez pures et assez vives. Malheureusement, cette transformation est déjà sensible à froid, et au bout de fort peu de temps le mélange ne saurait être utilisé pour la toile peinte, puisque, pour que le sulfure métallique soit bien fixé, il est indispensable qu'il se forme sur l'étoffe même. M. Sacc a tiré parti de cette réaction pour utiliser d'autres sulfures. En effet, d'autres sels, tels que ceux de cadmium, de nickel, de cuivre, de plomb et de mercure (à l'état de sublimé corrosif), ne se décomposent pas immédiatement en présence de l'hyposulfite de soude; la réaction qui donne naissance aux sulfures de ces métaux n'a lieu qu'à une température élevée ou à froid, mais alors seulement après un intervalle de temps très-prolongé. Il résulte de ce fait la formation de quelques couleurs vapeurs, toutes inaltérables à la lumière et dont plusieurs sont très-solides. Comme ces réactions sont nouvelles, nous présentons ici les dosages employés dans l'usine de Wesserling. L'épaississant est l'eau de gomme préparée par parties égales d'eau et de gomme; la solution d'hyposulfite de soude renferme 200 gr. de sel solide par litre d'eau.

Jaune de cadmium. — On dissout 40 gram. de chlorure de cadmium cristallisé dans 250 gr. de solution de gomme contenant un kilog. par litre; on ajoute un quart de litre d'hyposulfite de soude liquide contenant 200 gr. d'hyposulfite par litre; on imprime, on vaporise et on lave. On obtient de la sorte un jaune très-beau qui supporte bien le bain de garance.

Vert de cuivre. — 25 gr. de sulfate de cuivre sont dissous à chaud dans 250 gr. de solution de gomme, puis on ajoute 250 gr. d'hyposulfite de soude liquide.

Ce vert est très-beau et peut, sans éprouver de changement, subir le bain de garance. Il est aussi très-homogène : sur un fond blanc, il vaut mieux l'épaissir avec le léiocome qu'avec la gomme; mais il a l'inconvénient qu'imprimé par un temps chaud, il sèche très-promptement.

Gris de nickel. — 25 gram. de chlorure de nickel, 250 gram. de solution gommeuse et 250 gram. de solution d'hyposulfite de soude.

Gris de plomb. — 25 gram. de nitrate ou 50 gram. d'acétate basique de plomb, 250 gram. de solution gommeuse, 250 gr. de solution d'hyposulfite de soude.

Gris de mercure. — 10 gram. de sublimé corrosif, 250 litres d'hyposulfite sodique.

Impressions plastiques. — Il ne faut pas confondre avec les méthodes qui précèdent celle qui conduit à l'application sur un tissu donné des matières colorées fixées au moyen de l'albumine ou du blanc d'œuf.

Il n'y a pas de réaction chimique, de teinture proprement dite dans ce genre qui prend actuellement une très-grande extension; le principe colorant est fixé parce qu'il est enveloppé de toutes parts par une eau chargée d'albumine, qu'on porte ensuite à la température convenable pour la coaguler. On a tiré parti de cette façon d'une foule de matières inertes colorées;

nous citerons le vert émeraude, le gris de fumée, les phosphates de cobalt, le bleu dit outremer artificiel, et une série d'oxydes de toute nuance et de toute valeur; on imprime à la planche et au rouleau en une infinité de couleurs soit à un, soit à plusieurs tons, ou sur fond blanc ou sur fonds obtenus par voie de teinture, cependant généralement sur blanc.

On se ferait toutefois une idée fort inexacte de ce genre de travail si l'on admettait que toute matière colorée, quelle qu'elle soit, peut être employée; il faut d'abord une ténuité excessive qui permette à la poussière de pénétrer dans les tailles de la gravure; il faut ensuite que la matière abandonne facilement le rouleau pour s'attacher aux fibres du tissu; or, bien peu de matières vitrifiées satisfont à cette double condition.

Pour donner une idée de l'importance de ce genre, il nous suffira de rappeler ici que la consommation de l'albumine faite par les fabriques d'Alsace seules est d'environ 125,000 kilog. par an, ce qui représente 37,500,000 œufs, c'est-à dire le produit de 250,000 poules.

Ces relevés font comprendre l'intérêt qui s'attache à la conservation de l'albumine des œufs et aux recherches qu'on a faites jusqu'à ce jour pour remplacer cette matière par des substances équivalentes, toutes les fois qne cette substitution s'est trouvée possible.

On dessèche le blanc d'œuf pour assurer sa conservation. A cet effet, on casse l'œuf et on sépare le blanc du jaune. En hiver et au printemps, quand les œufs sont frais et la température peu élevée, on laisse reposer le blanc de deux à six jours, on le bat avec une spatule et on le passe à travers un linge pour retenir les germes et les impuretés. La dessiccation se fait en étendant le liquide dans des vases en zinc très-plats posés sur des claies qu'on maintient à la température constante de 30 degrés. Pour faciliter la séparation de l'albumine sèche des plaques sur lesquelles elle s'est séchée, on essuie ces dernières avec un linge légèrement graissé; on charge chaque plaque d'un demi-litre ou 1 litre de blanc; la dessiccation se fait en deux ou trois jours; vingt-quatre douzaines d'œufs donnent six litres de blanc, 4 litres de jaune. On retire par la dessiccation 1 kilog. d'albumine sèche.

L'opération réussit le mieux en mars, avril et mai. Pendant l'été, les œufs sont plus chers et le rendement moins considérable.

On a proposé différentes matières pour remplacer l'albumine de l'œuf: nous citerons le *sérum* du sang et le *frai*, c'est-à-dire les œufs que les femelles des poissons déposent à certaines époques de l'année en quantité très-considérable.

L'albumine du sérum s'obtient très-facilement, d'après M. Leucht, en décantant le liquide qui surnage les caillots du sang, après qu'on l'a laissé déposer dix à quinze heures. On sépare par un nouveau repos de six à dix heures, dans des vases plats, un deuxième dépôt. On soutire et on dessèche à 40 degrés.

La partie du sérum qui resterait colorée est mise au repos et traitée par la colle de poisson, qui sépare les impuretés par une véritable coagulation. On remue le mélange et on laisse clarifier dans des vases de forme haute

L'albumine tirée du frai peut s'extraire du frai séché, tel qu'on le trouve actuellement dans le commerce, du frai extrait du poisson au moment de la pêche, et du frai des poissons salés.

Quand on traite le frai séché il faut le moudre grossièrement, l'arroser d'eau et décanter la dissolution obtenue pour séparer un dépôt; on dessèche au-dessous de 40 degrés.

Le frai de poisson frais donne de l'albumine à meilleur marché que les frais desséchés ou salés. Après l'avoir purifié et débarrassé du sang qu'il contient, au moyen d'un lavage à l'eau, on l'écrase pour laisser déposer le liquide obtenu; on décante et on sèche à l'étuve jusqu'à 40 degrés.

Si l'on opère sur du frai salé, on lave avec de l'eau pour enlever l'excédant de sel; on écrase ensuite pour faire sécher, ainsi qu'il vient d'être dit.

D'après M. Dollfus, l'albumine du frai s'obtient avec facilité et en grande quantité, mais le liquide obtenu par la compression des œufs est souillé d'une matière grasse, qui représente quelquefois jusqu'à la moitié du poids total du liquide. — Les résultats sont plus favorables quand on opère sur du frai récolté peu de temps après la pêche; ils sont désavantageux, au contraire, quand ou fait usage de frai de poissons salés. Le produit contient alors, outre la matière grasse, de l'albumine insoluble, et de plus il est coloré.

La matière grasse est un obstacle à l'emploi de l'albumine du frai, car elle enlève une grande partie de l'adhérence que les couleurs doivent acquérir. Cet inconvénient est tel que M. Dollfus n'oserait proposer actuellement aux imprimeurs la substitution de cette matière à l'albumine des œufs. Toutefois, il conserve l'espoir qu'en opérant sur du frai de poisson dissous au moment même de la pêche, on pourra, si l'on parvient à séparer la matière grasse, rendre un grand service à l'industrie des toiles teintes et imprimées.

Ces détails nouveaux publiés par la Société de Mulhouse sont trop récents pour avoir été présentés en leur place. Nous terminons, en les mentionnant ici, ce que nous avons à dire des rapports de la teinture avec l'impression.

§ XV. DES OPÉRATIONS

qui suivent et terminent la teinture.

Lorsque les tissus ont reçu la teinture, soit en uni, soit avec dessins imprimés par les diverses méthodes auxquelles l'indienneur a recours, on ne les met dans le commerce qu'après les avoir séchés et apprêtés, quelquefois même calandrés. Nous n'aurons pas plus à décrire ici les opérations de l'apprêt ou du calandrage que celles relatives à la vaporisation. Les dernières sont décrites à l'article IMPRESSION SUR ÉTOFFES. Quant aux premières, nous leur avons consacré des articles spéciaux dans ce même Dictionnaire. A propos du BLANCHIMENT, le lecteur a pu retrouver les méthodes employées pour l'apprêt, la dessiccation et le calandrage. Les appareils dont on se sert pour sécher les tissus sont d'ailleurs décrits d'une manière toute particulière à l'article ESSORER, et le mot CALANDRE complète les descriptions déjà données dans les articles déjà cités.

Nous devons nous borner à rappeler ici, sous forme succincte, l'utilité de ces diverses opérations.

Les APPRÊTS qu'on fait subir aux tissus blancs, imprimés ou teints, ont pour but d'ajouter du corps à la fibre, de rehausser l'éclat des couleurs, d'enlever les plis et de lustrer les surfaces. On distingue, suivant le cas, des apprêts chimiques et des apprêts mécaniques.

Apprêts chimiques. — On emploie pour l'apprêt des toiles et des cotons l'amidon et la fécule, l'alun et le savon, la cire pour le satinage; pour les soies, on fait usage de gomme et de dextrine; pour les laines, l'alun donne un avivage brillant.

Ces matières sont appliquées par le foulardage ou par le bain de cuve. On sèche d'abord par expression, puis par dessiccation.

Pour exprimer l'excès de liquide enlevé par les étoffes, on tord à la cheville, on comprime entre des cylindres les tissus mis en boyau ou tendus en large, ou bien encore on se sert des hydro-extracteurs à grande vitesse et force centrifuge.

La dessiccation se fait dans des séchoirs à l'air libre,

dans les chambres chaudes, ou par des cylindres dans lesquels circule de l'eau chaude ou de la vapeur.

Apprêts mécaniques.—Le calandrage représente exactement l'opération du repassage d'une étoffe plus ou moins empesée sur une grande échelle.

Le brillanté de certains tissus est obtenu par un tissage qui résulte de la compression que l'étoffe reçoit en passant entre deux cylindres, l'un en cuivre, l'autre en carton. Pour les autres on fait usage des machines à lisser. Lorsque les tissus sont de laine, on les comprime au moyen de presses en les séparant par des plaques chauffées par une circulation de vapeur.

§ XVI. ANALYSE DES COULEURS

appliquées par teinture et impression.

Nous terminerons cet article par l'exposé des méthodes auxquelles il faut avoir recours pour reconnaître soit à titre de contrôle, soit à titre de renseignement de toute autre nature, l'origine d'une teinture, lorsqu'elle est déposée sur une étoffe donnée. Cette étude est intéressante, elle est essentiellement chimique et de plus elle est utile à tout industriel qui désire non-seulement surveiller sa propre fabrication, mais aussi chercher à réaliser promptement les améliorations ou progrès que ses concurrents peuvent produire.

Ici, comme dans toute recherche analytique, on doit faire usage d'un petit nombre de réactifs qui par des propriétés caractéristiques soient des témoins fidèles. Il faut ensuite et préalablement établir des séries, afin de procéder par élimination, méthode infaillible et prompte.

En résumant les notions de teinture que nous avons présentées plus haut, nous pouvons établir de suite que la matière colorante fixée sur le tissu peut être :

Entièrement organique — couleur se fixant par elle-même ;

Entièrement métallique — couleur purement minérale ;

Couleur formée par mélange de principes organiques et de principes inorganiques — couleur ne se fixant que par le concours d'un intermédiaire.

Or l'action de la chaleur nous permet de classer de suite une teinture donnée ; en effet :

1° Lorsqu'on incinère une étoffe recouverte d'une couleur complétement organique, les cendres que laisse l'échantillon ne sont formées que des cendres que le tissu lui-même laisserait dans les mêmes circonstances. Et, comme contrôle, vu que le chlore et l'acide hypochloreux détruisent toute couleur animale ou végétale, l'étoffe doit se décolorer sous l'influence de ces agents soit en devenant blanche, soit en présentant la couleur que la fibre prendrait sous l'influence de ces réactifs.

2° Lorsqu'on incinère une étoffe chargée d'une couleur purement minérale, on retrouve dans les cendres du tissu la matière colorante ou intacte, ou modifiée suivant sa nature ; il faut alors soumettre ces cendres à l'analyse ordinaire considérée dans sa plus grande généralité. Lorsqu'on a reconnu les éléments utiles dans la coloration primitive, l'action du chlore doit venir la confirmer ; car la coloration résiste généralement à cet agent, et, dans le cas contraire, les modifications doivent être conformes à celles que présenteraient les éléments dont on soupçonne la présence comme cause de la coloration.

3° Lorsqu'on incinère un tissu coloré par une matière organique en combinaison avec un oxyde métallique, on trouve que la matière colorée s'altère ; on recherche dans les cendres la matière métallique qui a servi d'intermédiaire ; on la trouve par les procédés que le chimiste connaît : l'alumine, l'oxyde de fer, l'oxyde de chrome, l'oxyde d'étain se retrouvent facilement. Quant au tissu coloré, le chlore enlève ou modifie la nuance, et le tissu peut être, après lavage,

essayé vis-à-vis de la garance, de la cochenille, du quercitron ou du campêche ; la coloration nouvelle que l'étoffe prend à la teinture permet de contrôler les résultats obtenus.

Nous allons actuellement faire connaître les résultats offerts par chaque matière colorante. Nous prendrons les nuances simples, parce qu'il est toujours possible de ramener à ces composés les nuances binaires et ternaires que la consommation peut avoir à juger.

Rouges.

1er GROUPE. La fuchsine et le carthame seuls se fixent sans auxiliaire.

2e GROUPE. Le rouge de chrome et les iodures de mercure, les sulfures d'antimoine et d'arsenic sont les couleurs minérales qui peuvent être employées. Les chimistes savent les différencier.

3e GROUPE. La garance, le bois rouge, la cochenille, la murexide doivent être classés parmi les rouges fixés par des intermédiaires.

Le rouge tiré de la fuchsine se décolore par les alcalis, il reparaît par l'addition d'acétate d'ammoniaque il ne laisse pas de résidu par l'incinération.

Le *rouge de carthame* disparaît par le chlore ; il ne laisse pas de résidu par l'incinération ; il est décoloré par les alcalis carbonatés ou caustiques. Le jus de citron dépose des flocons roses si le liquide est chargé de matière colorante.

Les *rouges de garance* et ceux formés par les dérivés de la garance passent au jaune ou au jaune orangé quand on les mouille par l'acide chlorhydrique. Si on les traite après cette modification par un lait de chaux, on voit apparaître une nuance violette brillante qui repasse au rose par un lavage avec l'eau de savon. Quant aux cendres laissées par les rouges de garance, elles sont alumineuses ou tout à la fois chargées d'alumine et d'étain.

Les *rouges au bois* virent à la teinte groseille par l'acide chlorhydrique et le chlorure d'étain ; quand on passe en chaux, il ne se forme qu'un violet peu stable qui disparaît en savon, sans reproduire la nuance rouge primitive.

Les *rouges de cochenille* diffèrent de ceux qui précèdent, parce que l'acide sulfurique qui fait passer les premiers au jaune orangé donne une coloration rouge vif aux teintures dues à la cochenille.

Les *rouges à la murexide* se reconnaissent facilement à la présence d'un sel de mercure par lequel ils sont fixés ; la calcination qui dissipe à la fois toute la matière colorante et le sel de mercure rapproche la teinture en murexide de la couleur obtenue du carthame ; les caractères distinctifs de cette dernière et la présence du mercure dans la première ne permetent pas la moindre confusion.

Bleus.

Il n'y a que l'indigo, les bleus de campêche et le bleu de Prusse qui doivent nous occuper ici ; les bleus minéraux qu'on pourrait rencontrer comme le bleu outremer (silicate alumineux mêlé de sulfure de sodium), les bleus de cobalt (silicate de cobalt, aluminate de cobalt, phosphate de cobalt et d'alumine, *bleu Thénard*), triple silicate de cobalt, d'alumine de zinc et d'alcali (*bleu persan*), ne peuvent être appliqués que comme impression plastique ou teinture mécanique, et d'ailleurs ils se retrouveraient dans les cendres à peu près sans altération, sauf toutefois l'outremer qui pourrait être complétement décoloré.

1er GROUPE. L'indigo posé comme indigo de cuve forme le premier groupe, et se fixe sans intermédiaires.

2e GROUPE. Le bleu de Prusse peut faire partie de la seconde classe, car les éléments qu'il perd ne doivent

TEINTURE.

pas plus être considérés comme couleur que l'eau dans l'hydrate de fer qui constitue la couleur rouille.

3e Groupe. Le bleu faux formé par le bois de Campêche et l'oxyde de cuivre fournit la seule matière bleue qu'on puisse chercher dans le troisième groupe.

Le *bleu d'indigo* est le bleu solide par excellence; il résiste à l'action de l'acide sulfurique concentré ; l'ébullition avec la potasse caustique ne le modifie pas. Sa cendre ne contient ni fer ni cuivre. Le bleu d'indigo peut avoir été fixé sous forme de bleu de Saxe, carmin d'indigo, sulfo-indigotate, etc.; on le découvre par la dissolution de potasse qui fait disparaître la coloration ; un acide la fait reparaître.

Le *bleu de Prusse* est détruit par la chaleur ; il donne à l'incinération sur une lame de platine un résidu d'oxyde de fer quelquefois pur, quelquefois additionné d'oxyde d'étain. La potasse le décolore en lui faisant prendre une couleur de rouille ; il se décolore avec l'acide sulfurique concentré ; par l'immersion dans l'eau la coloration reparaît, mais affaiblie. Un caractère propre aux couleurs provenant du bleu de Prusse résulte de l'action de la lumière sur cette couleur. L'exposition à la lumière solaire décolore le tissu ; l'obscurité ramène au bleu les parties décolorées.

Le *bleu au campêche* est tellement impressionnable aux acides qu'il passe au rouge aussitôt qu'il a leur contact ; il est décoloré par la chaleur et laisse une cendre qui renferme du cuivre. En effet, cette cendre bouillie dans l'acide nitrique donne une liqueur qui, neutralisée par l'ammoniaque, fournit un précipité pourpré par le prussiate jaune de potasse, et par l'ammoniaque en excès un liquide d'un bleu céleste. On ne doit pas oublier qu'il ne faut chercher le cuivre que dans les cendres, car il forme avec les matières colorantes des combinaisons dans lesquelles ses propriétés sont masquées.

Nous avons dit que les bleus foncés recevaient souvent un premier pied de bleu de cuve. Une pareille étoffe qui est finie par des bains de campêche ou de bleu de Prusse perdra toujours une partie de sa nuance par les alcalis et les acides ; on retrouvera le bleu solide après le traitement, la nuance aura seulement beaucoup diminué. Si le bleu de cuve est recouvert de bleu de Prusse, la cendre sera ferrugineuse ; elle sera chargée de cuivre, si l'on a rechargé de bleu par l'oxyde de cuivre et le campêche.

Jaunes.

Nous avons vu qu'on pouvait trouver, dans l'état actuel de l'industrie, les jaunes de gaude, de quercitron, de graine, de fustet, de curcuma, d'acide picrique, de substances astringentes, de rocou, les jaunes de chrome, l'orpiment, le sulfure de cadmium, le nankin ou le chamois.

1er Groupe. Le jaune obtenu de l'acide picrique constitue le type d'un jaune présentant une telle affinité pour la fibre que rien ne peut l'enlever complétement.

2e Groupe. Dans ce groupe se classent les couleurs minérales, comme les jaunes de chrome, d'arsenic, de zinc, de cadmium, que leur caractère chimique permettra toujours de retrouver dans les cendres. Les oxydes de fer et de manganèse qui donnent à l'état d'hydrate, d'arséniate ou de phosphate des couleurs variées, se classent immédiatement à côté de ces couleurs jaunes minérales.

3e Groupe. Les autres jaunes qui nécessitent pour se fixer l'intervention des sels métalliques se rangent dans le troisième groupe.

Le *jaune à l'acide picrique* ne se décolore pas par les acides; il faiblit un peu dans les dissolutions alcalines, il ne laisse aucun résidu par l'incinération.

Le *jaune de gaude* est détruit par l'acide hypochloreux ; l'acide sulfurique concentré le fait virer légèrement au jaune verdâtre. La potasse ne l'attaque pas ; elle peut le ramener au jaune d'or.

Les *jaunes au quercitron* sont détruits par le chlore et par l'acide hypochloreux, mais ils ne virent sensiblement à l'orangé, ni par les acides, ni par les alcalis, ni par les sels d'étain ; l'acide nitrique leur fait prendre une teinte rougeâtre.

Le *jaune de graine* est détruit par le chlore et l'acide hypochloreux ; la potasse le fait virer au jaune turc ; le chlorure d'étain les fait passer à l'orangé.

Les *jaunes de fustet* virent au rouge par l'acide sulfurique ; l'acide nitrique les détruit.

Les *jaunes de curcuma* sont décolorés par le chlore ; ils virent à l'orangé par les alcalis.

Les *jaunes au rocou*, difficilement attaqués par le chlore, sont enlevés par l'acide nitrique ; mais l'acide sulfurique les attaque difficilement ; ils prennent d'abord une nuance bleu verdâtre, puis passent au brun foncé.

Orangés.

Les orangés résultent généralement du mélange ou de la superposition des jaunes et des rouges ; quelquefois ils sont directement fournis par des matières orangées, dont la plupart appartiennent aux substances minérales.

Verts.

On peut distinguer parmi les matières colorantes vertes les verts à base d'indigo, les verts à base de bleu de Prusse, les verts obtenus par les jaunes et le campêche, les verts de Chine, les verts métalliques.

Les *verts à base d'indigo* présentent, comme caractère commun, d'être détruits par la chaleur sans laisser d'autre résidu que celui que donnerait le jaune seul ; ils sont décolorés par le chlore et par l'acide hypochloreux en laissant du jaune s'il résiste à ces agents, ou seulement un des éléments du jaune, l'oxyde métallique, s'il est détruit comme l'est le principe bleu.

Les *verts à base de bleu de Prusse* sont inaltérables par le chlore gazeux, par l'acide nitrique et par l'acide hypochloreux quand ils ont pour base jaune le chromate de plomb ; la potasse caustique l'attaque en faisant disparaître à la fois le jaune et le bleu. Lorsque le principe jaune est une couleur végétale, le vert s'altère par le chlore et par l'acide hypochloreux qui le font passer au bleu ; et la potasse, au contraire, n'altérant pas le jaune, mais faisant disparaître le bleu, laissera voir une coloration jaunâtre avec une nuance olivâtre.

Les *verts au campêche* rougissent fortement par l'acide qui détruit l'hématine ; ils noircissent quand on les couvre d'une couche de chromate de potasse.

Les *verts de Chine* présentent des caractères spéciaux qui s'opposent à ce qu'on puisse les confondre avec l'indigo. Une étoffe immergée dans la potasse en présence des sels réducteurs se décolore en donnant un liquide qui colore le calicot en vert d'abord, en bleu ensuite, quand on le fait déverdir au contact de l'air. Un mélange formé de quatre volumes d'acide sulfurique et d'une partie d'alcool qui dissout l'indigo fixé sur tissu ne décolore pas le tissu teint par le vert de Chine.

Un tissu teint par le vert de Chine immergé dans le sulfhydrate d'ammoniaque passe au pourpre ; par le rinçage et l'exposition à l'air il reprend ses couleurs primitives.

Le chlorure d'étain fait virer la nuance à l'orangé ; mais ce caractère est commun à d'autres verts composés, ceux, par exemple, qu'on formerait avec le tournesol et ses congénères et un jaune végétal.

Les verts métalliques sont formés ou de verts ou de jaunes métalliques et de bleus; on trouve dans l'examen des cendres la solution du problème. Il est possible de former des verts de toutes pièces, tels sont les arsénites de cuivre et l'oxyde de chrome. On sait que ce dernier est appliqué dans l'impression sur une grande échelle à l'état d'oxyde de chrome hydraté (voyez ÉMERAUDE, vert ÉMERAUDE).

Violets.

Les violets sont obtenus ou par des mélanges ou par des superpositions. Quelques composés, de l'orseille, de la garance et l'aniline, donnent directement des nuances violettes; d'autres exigent des superpositions.

Les *violets garancés* laissent comme résidu des cendres chargées d'oxyde de fer; elles sont décolorées par l'acide hypochloreux ou par le chlore; l'oxyde de fer reste sur l'étoffe qui, lavée, peut produire dans des décoctions de matières tinctoriales, les couleurs que chacune d'elles prend en contact avec le sels de fer. L'acide chlorhydrique faible les fait virer au jaune orangé sale d'une intensité variable avec celle du violet primitif. Un lait de chaux sous l'influence de l'acide détermine une couleur violette brillante et persistante en présence même d'un bain de savon bouillant.

Les *violets au campêche* laissent, après incinération, une cendre blanche formée d'oxyde d'aluminium; ils sont détruits par l'acide hypochloreux; l'acide chlorhydrique les fait virer au rouge; un lait de chaux, suivi d'un passage en eau de savon, leur donne une teinte grisâtre qui finit par disparaître.

Les *violets à la cochenille* se distinguent de ceux au campêche, d'abord par leur nuance, puis par les réactions offertes par les cendres dont la composition est déterminée.

Les *violets d'orseille* se reconnaissent à leurs caractères propres; fugaces, ils s'altèrent au contact des acides, ne laissent pas de résidu lorsqu'on les incinère; ils reprennent au contact de l'ammoniaque leur couleur primitive, si l'acide qui les a fait virer n'est pas trop concentré. Lorsque la couleur d'orseille est obtenue par la pourpre française, elle résiste aux acides à 4 degrés; on peut trouver après incinération un résidu d'étain ou de magnésie, base de la laque qu'on a déposée sur le tissu, si l'on a des impressions à déterminer.

Les *violets d'aniline* se reconnaissent à leur grande vivacité; toute nuance violette paraîtra noire à côté de la teinture en indisine. Leurs caractères ont été donnés au sujet de l'aniline; nous nous bornerons à renvoyer le lecteur aux caractères spécifiques que nous avons présentés en parlant de l'aniléine elle-même.

SALVÉTAT.

TÉLÉGRAPHIE. De deux mots grecs, τῆλε et γραφω, j'écris au loin. Ce mot a été imaginé pour désigner les procédés au moyen desquels on transmet d'un lieu à un autre des nouvelles, des avis, ou des ordres, à l'aide de signaux visibles, répondant aux lettres de l'alphabet, à des chiffres ou à des mots. A ce système primitif, de nouveaux systèmes sont venus s'ajouter. L'électricité, l'acoustique, l'air comprimé ont fourni des moyens de communication semblables, et aujourd'hui le mot télégraphie s'applique par extension à tout système de correspondance lointaine, quel que soit le système, le moyen de communication adopté.

Nous allons étudier ces divers systèmes qui se classent naturellement dans les trois catégories suivantes :

1° Les télégraphes aériens;
2° Les télégraphes pneumatiques;
3° Les télégraphes électriques.

Nous ne dirons que quelques mots des systèmes qui n'offrent plus que peu d'intérêt en présence des merveilleux résultats fournis par la télégraphie électrique. Celle-ci a procuré des moyens de transmission *instantanée*, et par suite elle a fait disparaître, en quelque sorte, les distances qui séparent les lieux les plus éloignés. Grâce à cette admirable découverte, l'humanité toute entière est appelée à vivre d'une même vie, car non-seulement les continents sont sillonnés, sur toute leur étendue, de fils conducteurs, mais encore ils sont réunis par des câbles sous-marins immergés dans les mers les plus profondes, traversant les océans les plus étendus.

TÉLÉGRAPHIE.

PREMIÈRE PARTIE.

TÉLÉGRAPHIE AÉRIENNE.

La télégraphie est d'origine française : personne ne nous conteste l'honneur de la découverte. Ce n'est pas cependant qu'on n'ait, longtemps avant les frères Chappe, employé des signaux pour transmettre des avis à de grandes distances. L'idée remonte sans doute à l'origine des sociétés. Ce qui est nouveau, ce qui appartient à Chappe, c'est l'invention d'un véritable système de correspondance; ce qui revient à la France, c'est la gloire d'avoir la pemière appliqué ce moyen puissant de gouvernement.

Origine de la télégraphie. Les feux, la fumée, les étendards, les sons des instruments, furent employés comme moyens télégraphiques par tous les peuples primitifs.

Dans la première scène d'*Agamemnon*, Eschyle nous représente un vieux serviteur épiant le feu allumé sur le mont Ida, qui, répété sur le mont Athos, doit faire connaître à Clytemnestre l'événement à la fois désiré et redouté de la prise de Troie. La langue grecque est d'ailleurs remplie de mots relatifs à l'art des signaux. César nous apprend que les Gaulois, d'une province à l'autre, s'avertissaient, au moyen de feux allumés sur les montagnes, de tous les mouvements de son armée. La France offre les restes de tours bâties par les Romains, et qui nous font connaître le mode de télégraphie usité chez eux. Dans un des compartiments les plus élevés de la colonne Trajane est figuré un officier, le casque en tête et l'épée à la main, commandant les signaux. L'instrument consiste en un flambeau de poix-résine suspendu au bout d'une longue perche: cette perche sort de la fenêtre d'une guérite et y rentre tour à tour. Aux signaux faits avec des torches ou des drapeaux, on substitua plus tard des bâtons ou des planches. Polybe fait mention d'un certain Cléoxène, qui avait inventé une méthode à l'aide de laquelle on pouvait faire lire à une grande distance ce qu'on voulait communiquer. Végèce, qui écrivait au quatrième siècle parle de la brachyographie comme d'un procédé si connu, qu'il juge inutile de le décrire. Tamerlan se servait de drapeaux pour dicter des conditions aux villes assiégées. Et enfin les Chinois ont, à ce qu'il paraît, poussé fort loin l'art de la correspondance aérienne.

L'art télégraphique ne pouvait réellement se développer que par suite des progrès de l'optique. Pour écrire de loin il faut voir de loin. Ce fut un de nos académiciens les plus distingués, Amontons, qui à la fin du dix-septième siècle proposa d'employer les lunettes d'approche à l'observation des signaux transmis de loin. Les essais d'Amontons ne firent qu'exciter la curiosité, mais n'eurent pas d'application. Il préparèrent, sans doute, les succès de Chappe, conjointement avec les essais de Hooke et Hoffmann, qui imaginèrent de se limiter à un petit nombre de signaux mobiles; Hooke inventa en 1695 une machine fort compliquée; Linguet, enfermé en 1782 à la Bastille, demandait, comme unique prix de sa liberté, à mettre en pratique un instrument de son invention, pour correspondre jusqu'aux distances les plus éloignées. Le ministère ne voulut pas l'écouter, et on le fit sortir de la Bastille sans condition. Bergstrasser, de Hanau, publia en 1784 un traité complet de *Synthéma-*

tographie; le tort de ce savant fut de compliquer la question en indiquant une multitude de signaux divers, soit opaques, soit transparents; outre la lumière il faisait aussi usage du son de la trompette et même de l'artillerie. S'il ne pouvait disposer que de deux signaux, il composait de leurs arrangements répétés un alphabet, d'après le système de l'arithmétique binaire. Malgré ces essais on ne doit regarder comme les véritables inventeurs du télégraphe que ceux qui eurent assez de persévérance pour le mettre à exécution et le faire universellement adopter. Cette gloire est celle des frères Chappe.

Découverte de Chappe. C'est pendant la Révolution française et au moment où les dangers de la patrie nécessitaient dans la correspondance une rapidité que rien ne pût entraver, que l'abbé Chappe rendit publique sa grande découverte. On n'entrevit pas de suite les immences services que le télégraphe devait rendre. Un premier essai ayant eu lieu sur les pavillons de la barrière de l'Étoile, la machine fut enlevée pendant la nuit. Un second télégraphe fut établi dans le parc de Monceau. Cette fois, le peuple s'y rend, le brûle, et peu s'en faut que les auteurs accourus à la nouvelle du sinistre ne figurent dans l'auto-da-fé. Mais le temps des épreuves et des mécomptes touchait à sa fin; le 12 juillet 1793 une expérience solennelle eut lieu en présence des commissaires nommés par la Convention: le succès fut complet. On reconnut qu'en 13 minutes 40 secondes la transmission d'une dépêche de quelques lignes pouvait se faire à la distance de 48 lieues.

On décréta l'établissement d'une ligne de douze télégraphes, de Paris à Lille; peu de temps après elle transmettait la nouvelle de la prise de Condé sur les Autrichiens, et l'assemblée pouvait y répondre séance tenante, en quelques minutes, par cette phrase: « L'armée du Nord a bien mérité de la patrie. »

De nouvelles lignes rayonnèrent aussitôt dans plusieurs directions.

La grande idée dont l'abbé Chappe venait de faire hommage à la France, avait été conçue par lui, dès sa première jeunesse. Les frères Chappe étaient nés à Burton, département de la Sarthe. Claude, l'abbé, se trouvait dans un séminaire près d'Angers; ses frères étaient dans un pensionnat situé en face et à une demi-lieue de distance. L'abbé, dont les jours de congé n'étaient pas aussi fréquents que l'étaient, pour ses frères, les jours de sortie, voulut triompher de l'éloignement qui les séparait. Après beaucoup d'essais infructueux, il imagina de se servir d'une grande règle de bois tournant sur un pivot; aux deux extrémités de la règle, tournaient aussi sur des pivots des ailes moitié plus petites: on obtenait ainsi, en faisant varier les angles autour des trois axes de rotation, cent quatre-vingt douze signes différents, qu'il était facile de distinguer à l'aide de longues-vues. Le jeune abbé et ses frères étaient parvenus à se transmettre rapidement des phrases d'une certaine longueur. C'était là, comme on voit, le germe du télégraphe. Mais l'exécution en grand présentait des obstacles. Les frères Chappe, aidés des conseils de Bréguet, firent leur machine, à peu près telle qu'elle existe aujourd'hui. Ils furent en outre aidés dans la composition de leur langue télégraphique par un de leurs cousins, Léon Delaunay, ancien consul à Lisbonne et à Philadelphie, qui était versé dans la théorie et la pratique des chiffres de la diplomatie. L'abbé Claude Chappe est mort le 25 janvier 1805; le dernier de ses frères est décédé en 1825, directeur des télégraphes. Un télégraphe en bronze forme la décoration principale de sa tombe, au cimetière de l'Est.

Description du télégraphe français. Le télégraphe français, dont nous donnons la description à l'époque de son fonctionnement, se compose de trois branches mobiles dans un même plan vertical: une branche principale

TÉLÉGRAPHIE.

nommée *régulateur*, et deux petites branches appelées *indicateurs*, portées à chaque extrémité du régulateur. Le régulateur (fig. 1), fixé par son milieu à un mât qui

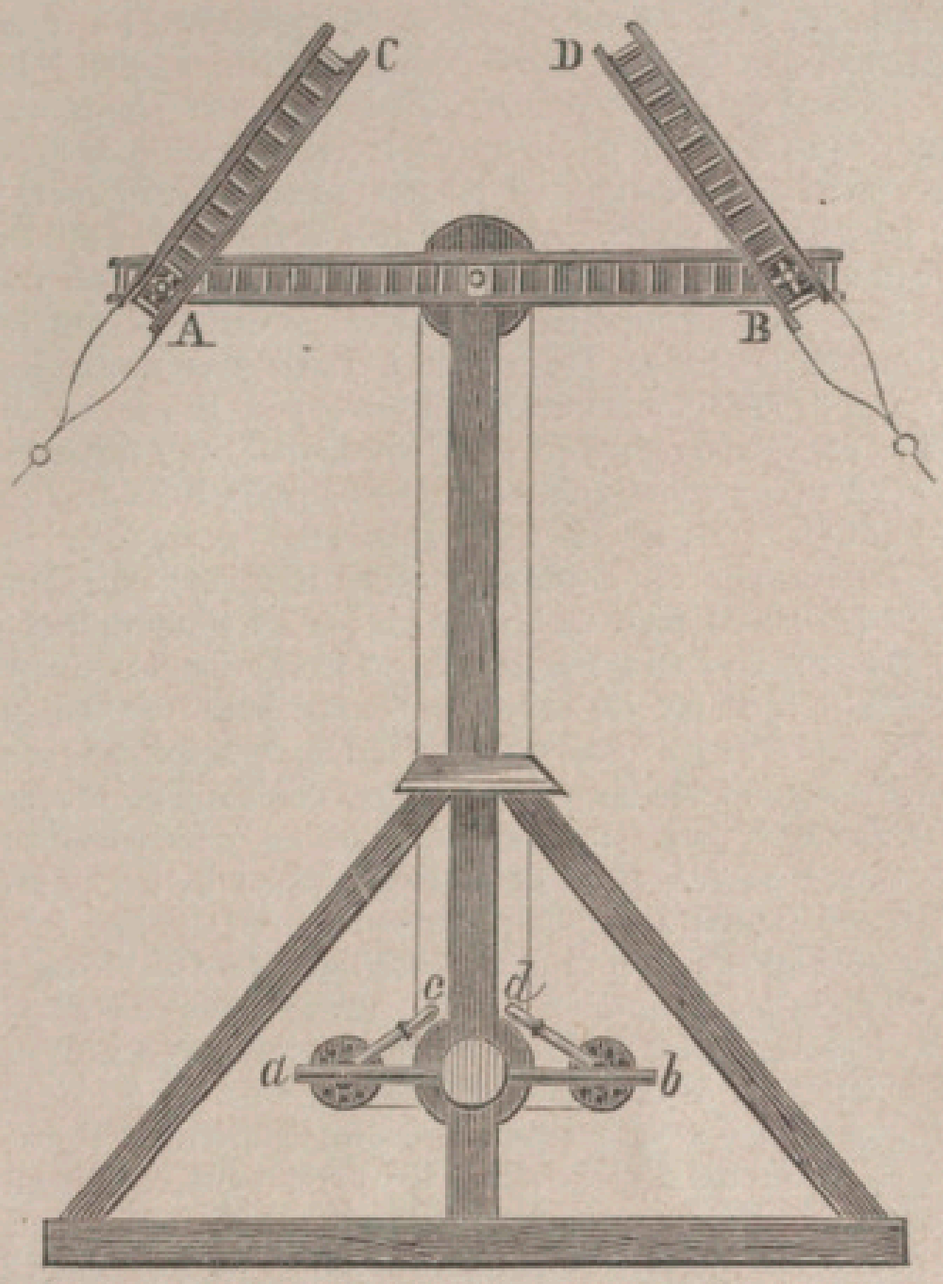


Fig. 1.

s'élève de 4 à 5 mètres au-dessus du toit, a 4 mètres de long et 3 décimètres de large. Chaque indicateur est long d'un mètre, et porte à son extrémité une queue en fer, sorte de lest qui sert à l'équilibrer. Ces trois branches du télégraphe, qu'on peint en noir afin qu'elles se détachent sur le fond du ciel, sont mues à l'aide de trois cordes sans fin de fil de laiton, de trois poulies et de trois pédales; les cordes communiquent dans une chambre placée au-dessous du toit avec les branches d'un autre télégraphe, qui est la reproduction en petit du télégraphe extérieur: c'est ce second appareil que le guetteur manœuvre; l'appareil placé au-dessus du toit ne fait que répéter les mouvements imprimés directement à la machine intérieure.

Le régulateur est susceptible de quatre positions: 1° verticale; 2° horizontale; 3° oblique de droite à gauche; 4° oblique de gauche à droite. Les ailes peuvent former des angles droits, aigus ou obtus. On trouve, dans les cent quatre-vingt-douze combinaisons prises une à une, les vingt-quatre lettres de l'alphabet et tous les signaux dits de *police*. Ceux-ci, bien connus des *stationnaires*, ou employés de chaque poste, indiquent l'activité, le repos, le brouillard, où les autres obstacles qui interrompent la transmission d'un poste à l'autre. Ce ne serait pas assez pour traduire une longue dépêche: on a donc réuni deux à deux les cent quatre-vingt-douze signes primitifs, ce qui donne $192 \times 192 = 36{,}864$. Un vocabulaire imprimé comprend la distribution complète de ces 36,864 signes. On en a affecté un à chacune des syllabes possibles dans notre langue, d'après la combinaison des consonnes avec les voyelles et diphthongues. Il reste encore une multitude de signaux pour exprimer des phrases convenues à l'avance et annonçant que tel événement prévu est ou n'est pas arrivé.

Depuis les dernières années de l'emploi du télé-

graphe aérien, on a imaginé de fixer horizontalement le régulateur et de remplacer ses quatre positions par celles d'un indicateur supérieur nommé *mobile*, soutenu par son milieu et pouvant être horizontal, vertical ou incliné de 45°. Cette complication apparente est une amélioration et une simplification incontestables ; le jeu des pédales est moins difficile, et l'on n'éprouve pas les dérangements auxquels la complication de l'instrument primitif exposait fréquemment la manœuvre.

La distance entre les différentes stations des lignes télégraphiques est en moyenne de trois lieues. La vitesse de la transmission des dépêches varie suivant la direction des lignes. On reçoit à Paris des nouvelles de Calais (68 lieues) en 3 minutes par le moyen de 33 télégraphes; celles de Lille (60 lieues) en 2 minutes par 22 télégraphes; celles de Strasbourg (120 lieues) en 6 minutes 1/2 par 44 télégraphes; celles de Toulon (207 lieues) en 20 minutes par 100 télégraphes; celles de Brest (150 lieues) en 8 minutes par 54 télégraphes.

Télégraphes étrangers. Les autres peuples, notamment les Anglais, n'ont pas imité tout à fait le télégraphe de Chappe. Dans les pays brumeux, les signaux opaques sont rarement visibles. On préfère des fanaux placés derrière des volets mobiles, et dont les combinaisons sont assez variées pour offrir une multitude de signes.

Systèmes divers. A peine l'invention de Chappe fut-elle connue qu'un grand nombre de savants s'efforcèrent de la perfectionner. En l'an VI, Bréguet et Bétancourt présentèrent à l'Institut un télégraphe à cadran circulaire d'une composition très-ingénieuse ; Peytes-Montcabrier essaya avec succès à Rochefort un télégraphe qu'il nomma vivigraphe et qu'on peut établir en 24 heures; Edelwrantz, dans un traité sur le télégraphe, proposa des perfectionnements simples et ingénieux ; en 1820, M. de Saint-Haouen inventa un nouveau modèle.

Enfin on proposa divers systèmes pour éclairer les branches du télégraphe pendant la nuit soit avec des verres de couleur, soit simplement avec la lumière du gaz. Enfin on proposa de remplacer par des tours garnies d'orifices éclairés et colorés diversement, de manière à obtenir aisément un télégraphe de nuit.

Le télégraphe aérien n'a plus aujourd'hui d'application importante que dans la marine. A l'aide de pavillons de diverses couleurs convenablement disposés le long du grand mât, et aidés par un code international qui fait disparaître la différence des langages, les marins peuvent se demander des secours, des vivres, etc., communiquer d'un navire à un autre.

DEUXIÈME PARTIE.

TÉLÉGRAPHIE PNEUMATIQUE.

Communications acoustiques. Le docteur Arnolt raconte, que revenant d'Amérique en Europe, un jour, par une brise de terre, un matelot prétendit entendre le son des cloches. On était à cent lieues des côtes! Tout le monde de rire. Le docteur, lui, prend la chose au sérieux ; il remarque que la voile est concave, se place à son foyer, et entend distinctement le son des cloches. Il prend note du jour et de l'heure, et six mois après, de retour en Amérique, il s'informe, et apprend qu'en effet, au jour et l'heure de cette curieuse observation, il y a eu branle-bas général des cloches à l'occasion de la fête de Rio-Janeiro.

Ainsi, à l'air libre, le son s'était transmis à cent lieues de distance.

Un autre jour, le même physicien entendit d'un côté à l'autre d'un lac qui a sept lieues de large, les cris de marchands d'huîtres, et le bruit des rames.

Le docteur Arnolt ne doute pas qu'on ne puisse remplacer ainsi les télégraphes par le langage parlé. Tout l'appareil consisterait en une surface concave placée sur une éminence, à une extrémité de la ligne, et à quelques lieues de là, à l'autre extrémité, en un porte-voix parabolique dirigé vers cette surface. On recueillerait les sons en se plaçant au foyer de celle-ci. Ce serait là, il faut en convenir, un moyen de correspondance peu dispendieux ; malheureusement son efficacité est au moins fort douteuse.

Tubes acoustiques. Denys le Tyran recueillait de son lit les plaintes des malheureux qui gémissaient dans ses cachots; en Angleterre, en Russie, il y a des hôtels et des ateliers, où le maître peut, sans sortir de son cabinet, donner à tous les étages des *ordres verbaux*, et ce système est appliqué aujourd'hui dans une foule de maisons et évite bien des mouvements inutiles. Mais il y a loin de là à employer ce mode de communication entre des distances considérables; par exemple, entre deux villes éloignées l'une de l'autre de plusieurs lieues.

Le son fait, comme on sait, 340 mètres par seconde; c'est bien peu par comparaison à l'électricité ; cependant, toute désavantageuse que soit la comparaison, le son fait 306 lieues à l'heure, 7,344 lieues en un jour. Si donc le son pouvait être transmis sans s'altérer dans des tuyaux cylindriques, on voit que, fût-on obligé d'établir sur de longues lignes de nombreuses stations intermédiaires, il offrirait un moyen de correspondance qui, même en présence des télégraphes électriques, ne serait pas à dédaigner. Ce mode de correspondance pourrait d'ailleurs être établi à peu de frais, au moyen de tubes de fer.

Non-seulement les tubes propagent très-bien le son, mais ils en accroissent énormément la puissance. D'après M. Bouvard, un coup de pistolet tiré à l'une des extrémités d'un tube, fait entendre à l'autre extrémité le bruit du canon. M. Jobard a reconnu que le mouvement d'une montre qui n'est pas sensible à la distance de 30 centimètres, s'entend très-bien au bout d'un tuyau de 16 mètres sans que la montre touche le métal, et même lorsqu'elle en est éloignée de plusieurs pieds. MM. Biot et Hassenfratz ont fait des expériences plus décisives encore.

Ces messieurs placèrent des tubes dans un aqueduc. Les tubes soutenus par des supports de pierre qui les isolaient du sol, faisaient de nombreux retours sur eux-mêmes, circonstance qu'on peut supposer désavantageuse. Mais en revanche, les expériences étaient faites la nuit, au milieu du plus profond silence. Dans ces conditions la voix la plus basse se fit entendre à près de 1 kilomètre, à 951 mètres de distance : suivant les auteurs de cette expérience, « *le seul moyen de ne pas être entendu à cette distance eût été de ne pas parler du tout.* »

M. Jobard répéta ces expériences. Il fit placer 600 pieds de tubes de zinc de 3 pouces de diamètre dans un vaste atelier. Ces tubes, dont les diverses portions étaient mal jointes, formaient entre eux onze coudes à angles droits : ils montaient et descendaient d'étage en étage; partie était appendue aux murs, partie était couchée sur le plancher. « *Plusieurs centaines de personnes ont constaté qu'on s'entendait parfaitement même à voix basse.* »

Cette expérience a mis hors de doute un point que celle de MM. Biot et Hassenfratz ne résolvait pas, c'est que le bruit extérieur n'entrave pas les communications acoustiques. Pendant cette expérience des machines à vapeur marchaient; des tours, des limes et des marteaux ébranlaient tous les étages de l'atelier.

L'établissement de tubes acoustiques a été l'objet des études d'ingénieurs distingués. On a reconnu que les conditions du succès résident dans la nature des tubes qui doivent être composés de métaux sonores, cuivre, zinc, fer, etc..., et dans l'isolement le plus complet possible de ces tubes par rapport au sol. Enfin, M. Jobard pense avec raison, ce nous semble, que le diamètre

des tuyaux doit se rapprocher le plus possible de celui de la bouche humaine.

Ce système n'a jamais été mis en pratique pour de grandes distances, et à juste raison; il ne paraît admissible que pour les communications intérieures d'un établissement.

POSTE ATMOSPHÉRIQUE. On donne le nom de télégraphie pneumatique ou poste atmosphérique à un mode d'envoi des dépêches au travers d'un tube, en employant l'air comprimé ou raréfié, qui a été organisé pour aider le service de la télégraphie électrique, dans des circonstances où le nombre des dépêches est très-grand entre des points peu éloignés.

C'est à Londres que ce système a pris naissance; les premiers appareils ont été organisés par Latimer Clarke, et les moyens de transmission étendus et variés avec succès par MM. Culley et Sabine, ingénieurs du post-office.

Après Londres, Berlin, Paris, Vienne ont successivement adopté le nouveau système et établi pour leur service de dépêches intérieures des réseaux de tubes analogues.

La faveur qui a accueilli ce mode de transmission, qui sous le rapport de la rapidité n'a aucune prétention à lutter avec l'électricité, provient uniquement des conditions spéciales qui se rencontrent dans la majorité des grandes villes, à savoir que le service télégraphique doit y transporter un nombre considérable de dépêches à des distances généralement très-réduites. Dans ces conditions, l'électricité est dépassée en vitesse par des agents dont le mode d'action est beaucoup moins instantané, mais dont la capacité de transmission est singulièrement plus étendue.

Pour expliquer cette proposition un peu abstraite, je prendrai pour exemple un fil télégraphique ayant à transmettre un certain nombre de dépêches à 1,000 mètres seulement de distance, et je lui comparerai un tube pneumatique faisant un service analogue. Le fil enverra successivement les dépêches, et il ne pourra pas en envoyer plus de quarante à l'heure; il nécessitera un employé à chaque extrémité. Le tube franchira l'espace en une minute et y transportera facilement cent dépêches; ces dépêches pourront en outre être manuscrites, être secrètes, et l'appareil n'étant intéressé que par le volume et par le poids de ces dépêches, quel que soit le nombre de mots inscrits sur la dépêche, la transmission sera aussi rapide, et tout ce service n'exigera que deux employés. L'exemple ci-dessus montre un cas où le tube pneumatique présente de la manière la plus indiscutable un avantage sur le fil électrique; le raisonnement indique que cet avantage diminue à mesure que le nombre des dépêches à transmettre devient moindre, et diminue également à mesure que la distance qui sépare les deux points augmente. Il arrive donc un moment où le fil reprend tous ses avantages: c'est lorsqu'il peut transmettre toutes les dépêches dans un temps plus court que celui demandé par le tube pour les transporter.

Ce mode de distribution et de collection des dépêches dans les grandes villes donne, partout où le trafic est extrêmement important, d'excellents résultats; les installations établies dans ces villes varient de forme suivant le mode d'exploitation, mais le principe est toujours le même et se résume à ceci. Un tube aussi bien calibré que possible réunit les deux points entre lesquels on veut correspondre: une ou plusieurs boîtes contenant les messages sont introduites dans ce tube par un appareil dont les organes essentiels sont toujours les mêmes, à savoir: une fermeture du tube en arrière, et une tubulure amenant, entre l'extrémité de ce tube et le train fermé, un courant d'air comprimé déterminant derrière le train une pression H, plus considérable que la pression atmosphérique *h* qui s'exerce

à l'autre extrémité; c'est sous cette différence de pression H-*h* que le train s'avance dans la ligne en s'éloignant du point où l'air comprimé est introduit dans la ligne.

Veut-on faire revenir le message: le même point est mis en communication avec un réservoir où la pression est moindre que la pression atmosphérique *h* qui s'exerce à l'autre extrémité. H-*h* est négatif, et le train mis à l'extrémité de la ligne s'élance vers son origine et y parvient au bout d'un certain temps. L'appel d'air est alors suspendu par la simple fermeture du robinet, et une porte analogue à celle qui a servi à l'expédition sert à retirer le train du tube.

Une communication électrique permet aux employés placés aux extrémités des tubes de contrôler et de diriger toutes leurs manœuvres.

Les moyens de comprimer l'air et de faire le vide peuvent être tous les moyens connus pour ce genre de travail (Voy. AIR COMPRIMÉ où le principe du système a déjà été indiqué). Il semble toutefois qu'après différents essais, les machines à vapeur actionnant directement des pompes à air, ayant donné les services les plus réguliers, ont été pour ainsi dire universellement adoptées dans toutes les villes possédant des télégraphes pneumatiques.

Quant au mode d'exploitation, suivant l'importance des trafics, il se fait par réseaux circulaires exploités d'une manière continue ou d'une manière alternative, ou par système rayonnant exploité de la même manière. Dans les deux cas, la pression est utilisée pour chasser les trains, le vide pour les attirer. Le système rayonnant semble être celui qui a été installé dès le début, comme le plus simple, et il est maintenu là où il y a un trafic extrêmement important, comme rendant les services les plus directs. La plus grande installation en ce genre est celle de Londres, où des dispositions spéciales sont prévues pour que les tubes soient traversés par un courant d'air continu, dans lesquels, au moyen de sortes d'écluses, on introduit les boîtes à expédier, et l'on retire au fur et à mesure de leur arrivée celles que l'on est chargé de recevoir. Une des premières installations proposées pour Paris, en 1860, par M. Antoine Kieffer, était disposée d'une manière analogue (brochure de M. Amédée Sebillot). En 1866, au moment de l'établissement des premières lignes pneumatiques de Paris, ce système ne prévalut pas, et les premières constructions en ce genre, exécutées à Paris par MM. Mignon et Rouart, furent faites en adoptant le tracé par réseaux, et exploitées par des courants intermittents réguliers de dépêches, mode d'exploitation plus économique que le premier, tout en étant un peu moins rapide.

Nous empruntons à une note de MM. Mignon et Rouart la description de cette installation.

La ligne. Elle est formée de tubes en fer, bien réguliers, de 65 millimètres de diamètre intérieur. Pour relier les tronçons de cette ligne, il convient d'employer un joint très-précis.

Ce joint est à emboîtement, et pour être convenablement fait, il doit se composer de parties tournées; les brides étant posées bien normalement à l'axe des tubes de la ligne, l'étanchéité se trouve assurée par une lame de caoutchouc extrêmement mince comprimée par les boulons du joint. Faite avec ces précautions, la jonction de deux tuyaux ne présente rien de difficile dans la construction de la ligne, et si l'on a soin d'espacer les joints le plus possible, c'est-à-dire de les porter de 7m.50 et 8 mètres les uns des autres, la ligne qu'on voudra établir entre deux points destinés à être reliés se rapprochera aussi pratiquement que possible d'un tube théorique d'un seul morceau à section constante.

Quelle est la limite des rayons de courbure qu'on peut employer?

TÉLÉGRAPHIE.

Elle dépend évidemment du mode de construction des véhicules qui doivent circuler dans le tube formant la ligne. Ces véhicules sont de deux natures : ceux qui reçoivent directement l'action motrice de l'air sont les wagonnets ou chariots moteurs, et ceux qui obéissent à cette action sont des chariots simples ou porteurs de dépêches.

Chariots. Les chariots porteurs sont des boîtes cylindriques à enveloppes concentriques, constituées comme le sont les étuis à cigarettes ; l'enveloppe extérieure est en cuir, l'intérieure peut être en cuir ou en métal. Les dépêches sont placées dans ces boîtes, qui peuvent chacune en contenir environ quarante.

Les chariots moteurs sont des cylindres de bois ou de métal creux, à l'arrière desquels est disposé un cuir A (fig. 2) dont les bords retournés en dehors sont

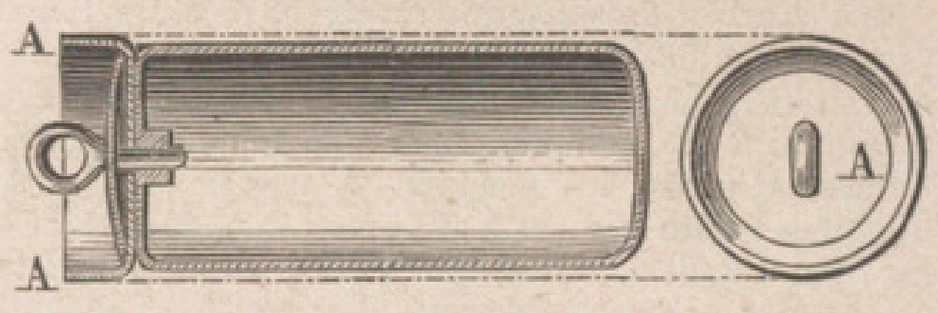


Fig. 2.

déchiquetés en dents pouvant chevaucher l'une sur l'autre, comme on le voit dans les pistons de certaines pompes. On comprend qu'avec cette disposition, la pression de l'air agissant à l'arrière du chariot aura pour effet, tout en le faisant avancer, d'appliquer le cuir contre les parois du tube, de manière à éviter les déperditions.

Les chariots porteurs, comme les chariots moteurs, ont un diamètre sensiblement inférieur à celui du tube de la ligne, soit, dans le cas qui nous occupe, de 55 millimètres, c'est-à-dire 10 millimètres de moins que l'intérieur du tube. La longueur des premiers est d'environ 0^{m},140 ; celle des seconds est peut-être un peu plus petite.

On a préconisé l'emploi de chariots à roues ; mais il est évident que, pour une marche rapide, les roues devraient fournir un nombre de tours en quelque sorte impossible à réaliser en pratique. En outre, pour ce genre de chariots, il faudrait des lignes à grande section, et dès lors l'emploi de l'air comme moteur ne serait plus économique.

Avec les chariots moteurs courts, des courbures notables peuvent être adoptées sans inconvénient.

Force motrice. Examinons maintenant quelle est la force motrice mise en œuvre.

Dans l'installation que nous décrivons, elle est empruntée à l'eau de la ville. Voyons donc comment cette eau peut servir à produire la compression de l'air et le vide, et pratiquement suffit pour faire facilement vingt convois par heure.

Pour la compression de l'air, supposons un réservoir complétement fermé, dans lequel plonge un tube jusqu'à sa partie inférieure. Supposons, en outre, ce tube plongeur relié à un autre réservoir à ciel ouvert, rempli d'eau, comme celui d'une distribution d'eau de ville, et installé à 10^{m},33 au-dessus du premier. Un robinet étant placé sur le parcours du tuyau plongeur, il est évident que, lorsqu'on l'ouvrira, l'eau du réservoir supérieur s'écoulera dans le réservoir inférieur, en y comprimant l'air jusqu'à ce que sa pression fasse équilibre au poids de l'eau qui tend à s'écouler, c'est-à-dire, dans le cas qui nous occupe, jusqu'à ce que la pression de l'air renfermé dans le réservoir inférieur soit devenue égale à deux atmosphères, son volume ayant diminué de moitié ; de sorte que, si le réservoir inférieur a une capacité de 2 mètres cubes, on aura à sa disposition 1 mètre cube d'air comprimé à deux atmosphères, dont la compression aura été obtenue par un mètre cube d'eau descendue du réservoir supérieur dans le réservoir inférieur.

Quand au vide, il est aussi facile à obtenir. Supposons un réservoir fermé disposé à 10^{m},33 au-dessus du sol, et muni d'un tube avec robinet, qui descend et plonge dans un baquet placé à terre. Remplissons complétement d'eau ce réservoir, en ayant soin de fermer le robinet du tube de descente. Ouvrons ensuite ce robinet, l'eau va s'écouler, passer par-dessus les bords du baquet et se répandre sur le sol. Dans ces conditions, le réservoir constituera la chambre d'un baromètre à eau, dans laquelle il se produira un vide presque absolu ; l'écoulement ne s'arrêtera que quand l'eau sera arrivée au bas du réservoir, de sorte que l'écoulement de 1 mètre cube donnera naissance à un vide de 1 mètre cube que l'on pourra utiliser à volonté.

Tout le travail pour obtenir de la force motrice se borne donc à ouvrir et à fermer des robinets. C'est en raison de la simplicité de cette méthode que l'administration des lignes télégraphiques a pu confier la manœuvre des appareils à ses facteurs ordinaires et organiser un service relativement compliqué, sans être obligée d'avoir recours à aucun élément nouveau et spécial.

Appareil expéditeur et récepteur. Le mode de production de force motrice étant expliqué, nous allons donner la description d'un appareil tête de ligne, qui met cette force en jeu et sert à la fois à l'expédition et à la réception des chariots moteurs et porteurs de dépêches.

L'appareil qui est en fonction est représenté en élévation de face (fig. 3). Le tube de ligne B, venant aboutir au sol même des bureaux, se termine par une partie verticale C montant à environ 2^{m},50 au-dessus et complétement bouchée. Sur cette partie verticale, à une hauteur convenable, 0^{m},70 environ, est placée une boîte en fonte D, munie, sur sa surface antérieure, d'une porte rectangulaire s'ouvrant pour l'introduction et la sortie des chariots ; cette porte, manœuvrée par une poignée à excentrique, est disposée de manière à fermer hermétiquement.

Des faces latérales de la boîte partent des branchements E E', sur lesquels sont placés des robinets munis de secteurs dentés F F' se manœuvrant à l'aide de vis sans fin. Ces robinets correspondent à deux tuyaux G G', l'un aboutissant à la cuve à air comprimé et l'autre à l'air libre.

Les vis sans fin qui commandent les secteurs F F' des robinets sont reliées entre elles de manière que les mouvements de ces robinets soient solidaires, et combinés pour que l'un se ferme quand l'autre s'ouvre. Cette disposition a pour effet d'empêcher les erreurs dans les manœuvres et de les simplifier. La boîte en fonte D formant le corps de l'appareil est portée par une colonne à jour H appuyée sur le sol.

La manœuvre de ces appareils est extrêmement simple.

Lorsqu'on veut les faire fonctionner pour l'expédition, on introduit les chariots dans la boîte, en ayant soin de placer en queue du train le chariot moteur ; ces chariots tombent nécessairement dans le tube C qui se trouve béant à la partie inférieure de la boîte. L'introduction faite, on ferme la porte, et si l'on doit opérer à l'air comprimé, on ouvre la communication avec les réservoirs d'air comprimé, opération qui a pour effet, en même temps, de fermer l'échappement à l'air libre. L'air comprimé agit alors sur l'arrière du chariot moteur et envoie le train à destination.

Lorsqu'on veut, au contraire, faire partir les chariots sous l'appel du vide, qui doit alors être fait à l'autre extrémité de la ligne, il suffit, après avoir fermé la porte d'introduction, de laisser l'appareil en l'état, car, au repos, la communication avec l'air libre se trouve ouverte, et l'accès de la pression atmosphérique peut ainsi se faire derrière le chariot moteur.

Pour faire fonctionner les appareils pour la réception, nécessairement la communication avec l'air com-

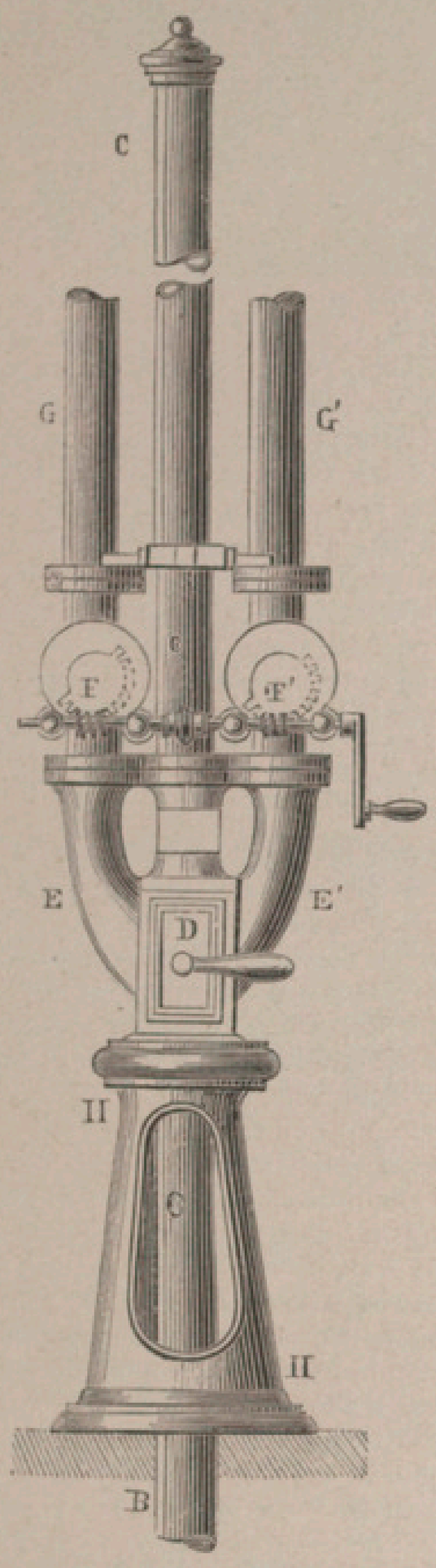


Fig. 3.

primé est fermée et l'échappement à l'air libre ouvert. Les chariots arrivent à destination, et, par conséquent se trouvent amenés à l'orifice de la ligne dans la boîte D. Mais à ce moment, en vertu de la vitesse acquise, ils dépassent cette boîte et s'introduisent dans le cul-de-sac fermé qui la domine; l'air comprimé, trouvant une issue latérale, s'échappe, et son action sur les chariots est anéantie à ce moment. Les chariots, arrivant en vitesse et s'amoncelant dans le cul-de-sac qui se trouve devant eux, y compriment l'air, qui les renvoie comme un ressort et les fait retomber inertes dans la boîte de l'appareil, où on les recueille en ouvrant la porte.

Il est facile d'utiliser l'appareil lui-même pour prévenir de l'arrivée des chariots; à cet effet, il suffit de disposer dans l'intérieur du cul-de-sac un contact électrique ou même un simple sifflet à air, qui agit sous l'influence de l'air comprimé par les chariots.

Dans les dispositions que nous venons de décrire, l'appareil est installé verticalement; mais on peut aussi bien le disposer horizontalement.

Nous n'entendons pas indiquer ici toutes les formes des appareils pouvant résoudre la question; il suffit d'avoir montré les principes sur lesquels ils doivent être construits.

Pour terminer la description de tous les éléments qui entrent dans la composition des appareils de transmission pneumatique de MM. Mignon et Rouart, il est essentiel de dire un mot des robinets employés, qui sont d'une construction toute spéciale.

Ce genre de robinet ne permet aucune fuite et la construction en est fort simple.

Les robinets ordinaires fuient plus ou moins extérieurement, c'est-à-dire qu'ils laissent écouler les fluides entre la clef et le boisseau. Pour éviter ces fuites, il faut boucher toute issue possible, et c'est ce que réalise le système de robinet de MM. Mignon et Rouart. A la partie inférieure, le boisseau est plein, et quant à la partie supérieure, c'est-à-dire à la périphérie qui sépare la clef du boisseau, une rondelle de caoutchouc y est appliquée, sur laquelle un disque métallique exerce une pression au moyen d'écrous.

Les distances à parcourir par ces systèmes sont, en général, assez limitées, ne dépassent pas 5 à 6,000 mètres, mais avec des relais il serait facile de les augmenter. C'est dans cet esprit qu'a été dressé le projet d'une ligne de Paris à Versailles, pour le service de l'administration, l'envoi immédiat de pièces exigées par la discussion dans les assemblées qui y siégent.

M. Crespin a publié un projet intéressant de système de relais pour les lignes de grande longueur, qui mérite d'être connu.

La ligne, que nous supposerons de longueur illimitée, est escortée de deux canalisations secondaires réunissant des réservoirs de vide et de pression chargés d'alimenter les relais placés sur la ligne aux endroits convenables. Ces relais sont de deux natures. Ceux qui sont chargés de vider d'air la ligne sont espacés de cinq en cinq kilomètres dans le cas où la ligne serait parcourue par trains espacés de quart d'heure en quart d'heure. La raison de cet écartement est que l'épuisement de la ligne se poursuivant toujours, il est nécessaire d'un temps un peu moindre pour épuiser cinq kilomètres, et par suite il n'est pas nécessaire de rapprocher davantage ces appareils. Ils sont, du reste, extrêmement simples : un piston s'élevant dans un cylindre entraîne avec lui une valve fermant la ligne et un tiroir ouvrant la communication avec les réservoirs de vide. Le piston est élevé dans le cylindre au passage d'un train par l'action de la contrepression qui suit le train ; il ferme la ligne derrière lui, et commence immédiatement l'épuisement de la section que le train vient de parcourir. La valve que porte ce relai n'a aucun des inconvénients que comporte celle contenue dans le premier relai de pression, attendu qu'elle se rouvre d'elle-même après que l'épuisement de la section que dessert le relai de vide est terminée ; opération qui généralement est faite dans la moitié du temps prévu, séparant le passage de deux trains. De plus, comme ces appareils sont espacés de 5 en 5 kilomètres et que la moitié au moins sont dans des établissements fabriquant l'air comprimé et le vide, ils sont surveillés par des agents.

Les relais de pression espacés de kilomètre en kilomètre deviennent de simples souffleurs s'ouvrant au passage du train et soufflant pendant tout le temps que le train parcourt leur section ; ils ne sont plus composés que d'un piston portant un contrepoids, actionnant un tiroir qui est le tiroir de pression et du piston régulateur qui suspend l'admission après que le soufflage a duré le temps convenable ; l'air pénètre dans la ligne par une sorte de lanterne découvrant des orifices ayant deux fois la section de la ligne, et la commande du soufflage est donnée par le train lui-même qui, en agissant sur une détente, fait tomber un contrepoids placé sur le piston commandant le tiroir. Le soufflage est instantané, il est suspendu par l'action du piston régulateur qui ferme la communication conduisant à la ligne et emprisonne de l'air comprimé dans une petite

chambre placée entre cette fermeture et le tiroir L'effet de cet air comprimé au moment où la pression se perd dans la ligne, c'est-à-dire au moment où le train a franchi la section, est de soulever le piston actionnant le tiroir et de remettre tout en place pour l'attente du train suivant. Cet appareil, qui est l'âme du nouveau système, est extrêmement simple et n'a besoin d'aucune surveillance pour son fonctionnement. Il est accompagné d'un réservoir d'air comprimé capable de desservir la section.

TROISIÈME PARTIE.

TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE.

Un télégraphe, ou mieux une correspondance télégraphique, se compose :

1° De deux appareils semblables, séparés entre eux par une distance plus ou moins grande;

2° D'un fil conducteur de l'électricité, plus ou moins long, qui les réunit;

3° D'une pile (voyez PILE) pour produire l'électricité nécessaire à faire fonctionner la machine;

4° De plusieurs petits appareils que nous ne décrirons pas tous, parce qu'en général ils sont plutôt commodes qu'utiles; ils varient de nombre et de formes suivant les lieux, suivant le temps.

Nous donnerons d'abord, d'après M. Pouillet, un bref résumé des principes généraux sur lesquels repose l'établissement d'une ligne télégraphique :

« Deux fils de métal joignent les deux stations qui doivent correspondre, comme, par exemple, Paris et Berlin; ils sont isolés avec soin, ne communiquant électriquement ni entre eux ni avec le sol, ce qu'on obtient, par exemple, en les suspendant en l'air et les soutenant par des poteaux espacés de cinquante mètres en cinquante mètres.

« Si, à Berlin, une pile est disposée ayant son pôle positif en communication avec l'un de ces fils et son pôle négatif avec l'autre, cela ne suffit pas pour que le courant s'établisse; car, à Paris, le circuit reste ouvert, puisque les extrémités des deux fils ne communiquent pas entre elles. Mais si, à Paris, l'on ferme le circuit en joignant les deux fils ou en les réunissant par un arc conducteur quelconque, le courant s'établit à l'instant, le fluide électrique circule d'une manière permanente, avec la vitesse qui lui est propre (et qui, on le sait, est pour ainsi dire infinie), dans toute l'étendue des fils et dans tous les appareils qui les réunissent à l'une et à l'autre de leurs extrémités.

« On dit alors que le fluide vient de Berlin à Paris par le fil qui communique avec le pôle positif de la pile, et qu'il retourne de Paris à Berlin par le fil qui communique avec son pôle négatif.

« Cependant il faut bien se garder de prendre à la lettre ces expressions d'aller, de retour et de circulation, qui sont reçues dans la science; elles ne veulent pas dire que le fluide électrique circule en effet ou qu'il éprouve un mouvement de translation analogue à celui du liquide qui se meut dans un tube, ou à celui du gaz, qui va du gazomètre au bec d'éclairage; elles signifient seulement que le fluide électrique fait sentir ses effets sur les différents points du circuit.

« Quand le son va frapper un écho et revient à son origine, on peut dire aussi qu'il a un mouvement d'aller et de retour ou un mouvement de circulation, et l'on sait bien cependant qu'en réalité ce n'est pas l'air lui-même qui se transporte depuis le point où il est ébranlé jusqu'à la surface qui fait l'écho, et depuis cette surface jusqu'au point primitif du départ; au lieu de se transporter, l'air vibre, et ce sont ces vibrations qui se transmettent successivement, et de proche en proche, avec une certaine vitesse; c'est donc le mouvement qui va et qui revient, qui se transmet et qui circule, et non pas le fluide lui-même, ou, en général, le milieu dans lequel le mouvement s'accomplit.

« C'est là ce qu'il faut entendre quand on parle de la transmission de l'électricité, comme quand on parle de la transmission du son ou de la lumière.

« Le courant électrique circule donc de Berlin à Paris et de Paris à Berlin sous la condition : 1° que la pile donne de l'électricité; 2° que les fils soient bien isolés; 3° que le circuit reste exactement fermé sur tous les points de son trajet sans offrir nulle part la moindre solution de continuité.

« S'il arrive que les fils communiquent électriquement entre eux, si, par exemple, on les réunit par un fil fin de métal, par un filet d'eau ou d'humidité, ou, en général, par un arc conducteur, cet arc conducteur devient à l'instant le siége d'un courant dérivé qui affaiblit dans une certaine proportion le courant dévolu à la portion restante du circuit.

« Ce qui arrive pour une seule dérivation arrive pour un nombre quelconque, et l'on conçoit que si les poteaux où s'attachent les fils ne leur donnent pas un isolement parfait, il en résulte autant de courants dérivés que de poteaux, c'est-à-dire vingt par kilomètre, et qu'alors les piles les plus énergiques deviennent bientôt insuffisantes pour faire passer un courant efficace dans une ligne télégraphique d'une étendue considérable.

« La théorie permet de calculer les intensités du courant dans les diverses portions d'un circuit ainsi ramifié de la manière la plus complète, pourvu que l'on connaisse tous les éléments de ces ramifications.

« La théorie avait pareillement indiqué un moyen doublement économique d'établir un circuit entre deux points très éloignés, comme Berlin et Paris. Ce moyen consiste à remplacer l'un des fils par la terre elle-même. Supposons en effet qu'il n'y ait qu'un seul fil de métal étendu entre ces deux points, et qu'à Paris son extrémité communique au sol par une large plaque de métal plongeant dans la Seine, ou seulement dans l'eau d'un puits, qu'à Berlin le pôle négatif de la pile communique aussi à l'eau d'un puits, et, par suite, aux eaux de la Sprée; on comprend qu'à l'instant où le pôle positif touchera l'extrémité du fil, le courant viendra, comme tout à l'heure, de Berlin à Paris par le fil de métal; mais qu'au lieu de retourner de Paris à Berlin par le second fil qui n'existe plus, il s'en retournera par le sol. On dit alors que la terre fait partie du circuit, et l'on réalise ainsi une double économie en ce que l'on évite la dépense d'un second fil, et en ce que la terre lui oppose bien moins de résistance que le deuxième fil dont elle tient la place.

« Ajoutons un mot sur les signes télégraphiques.

« Le courant qui passe d'une manière continue dans un circuit formé par deux fils ou par un seul fil et la terre, ne produisant qu'un effet constant et uniforme, est peu propre à donner les signes essentiellement variés qui sont indispensables à l'expression de la pensée. Il est donc nécessaire de tirer du courant des effets différents et de combiner entre eux ces effets jusqu'à ce que l'on obtienne enfin autant de signes qu'il en faut pour reproduire tout ce que les langues humaines peuvent exprimer. On y parvient d'une manière très simple en interrompant le courant pour le rétablir ensuite, et en disposant les choses pour que ces alternatives donnent naissance à un mouvement de va-et-vient plus ou moins rapide; pour cela, on introduit dans le circuit un électro-aimant qui devient aimant pendant que le courant passe, et qui cesse de l'être aussitôt que le courant est interrompu. Pendant qu'il est aimant, il attire son armature, et dès que le courant cesse il y a un ressort qui la rappelle; ainsi l'armature oscille ou vibre en quelque sorte entre l'action du ressort et celle de l'électro-aimant. Ces vibrations peuvent

se faire avec une rapidité presque incroyable, car il est très facile de construire des appareils qui en exécutent plusieurs centaines dans une seconde, et assurément l'on parviendrait sans peine à décupler ce nombre Mais, comme on le voit, il y a là une condition essentielle à remplir, c'est un rapport nécessaire entre la vivacité du ressort qui rappelle l'armature et la puissance attractive de l'aimant qui l'entraîne en sens contraire, puissance qui dépend elle-même de plusieurs données, et surtout de l'intensité du courant.

« Ce mouvement de va-et-vient une fois obtenu avec la régularité et la vitesse que l'on veut lui donner, il est facile de le transformer en mouvement de rotation et d'avoir ainsi une aiguille qui peut, par exemple, parcourir un cadran sur lequel on inscrit ou les lettres de l'alphabet ou d'autres signes conventionnels. »

C'est la découverte de l'action des courants électriques sur l'aiguille aimantée et des phénomènes de l'électro-magnétisme qui ont permis la transmission à distance des forces capables de mettre des signaux en mouvement. Nous le montrerons plus loin en passant en revue l'histoire de ce grand progrès, mais auparavant, nous décrirons d'abord les premiers appareils employés en France, au moment où la télégraphie électrique vint faire concurrence à la télégraphie aérienne, qu'elle devait bientôt remplacer, et fournir une ressource si utile à l'exploitation des chemins de fer.

La France, en 1845, était tout à fait en arrière; mais à cette époque Arago, membre de la chambre des députés, fit un rapport qui appelait l'attention du gouvernement sur la nécessité d'introduire dans notre pays ce système rapide de communication, et il fut voté, d'après les conclusions du rapporteur, un crédit pour établir une ligne d'essai entre Paris et Rouen, dont la distance est de ~~338~~ 138 kilomètres.

PREMIERS TÉLÉGRAPHES EMPLOYÉS EN FRANCE.

Ces télégraphes étaient de deux sortes :

1° Les télégraphes analogues au télégraphe aérien;

2° Les télégraphes à cadran.

Le premier représente les signaux du télégraphe Chappe, et le second indique à la vue les lettres de l'alphabet et une série de chiffres.

Dans chaque système le principe mécanique est le même, c'est-à-dire qu'ils sont fondés sur le fait, qu'un aimant attire le fer; seulement, dans celui de l'Etat le mécanisme est double, et dans celui du chemin de fer il est simple.

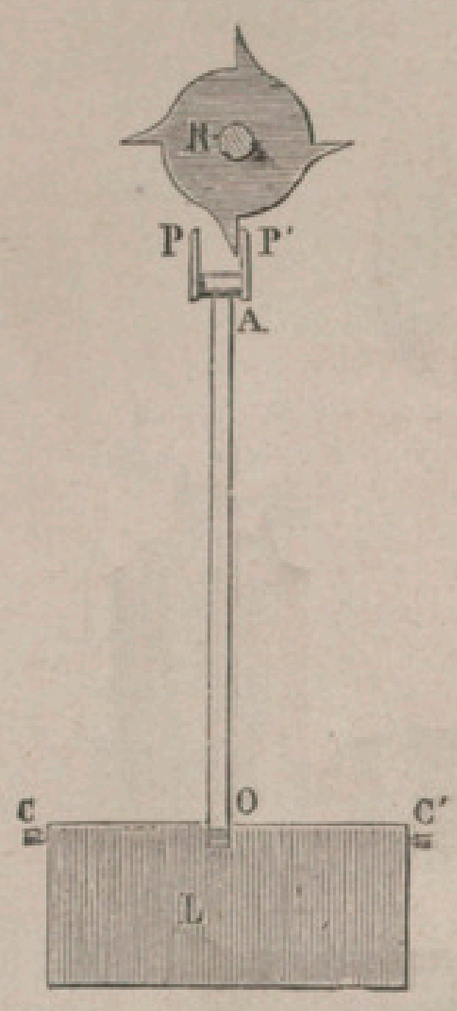
L'aimant qui entre dans ces deux appareils, comme nous venons de le dire, est ce qu'on appelle un aimant temporaire; il consiste donc en un cylindre de fer enveloppé par un fil de cuivre entouré de soie, dans lequel on fait à volonté passer un courant électrique; à ce moment, le fer étant aimanté, attire un levier aussi en fer, et quand on interrompt le courant, l'aimantation cessant, le levier en fer revient à sa position première, rappelé qu'il est par un ressort disposé à cet effet. On a ainsi un mouvement de va-et-vient, que l'on a transformé en un mouvement circulaire.

Voici comment M. Bréguet s'y est pris pour rendre cet effet:

R dernière roue d'un rouage d'horlogerie (fig. 1); elle peut se mouvoir très-vite et il faut peu de force pour l'arrêter.

P, P', deux petites pièces d'acier qui viennent s'opposer l'une après l'autre au mouvement de rotation de la roue; elles sont placées à l'extrémité du bras de levier OA, dont les centres de mouvement sont en C et C'.

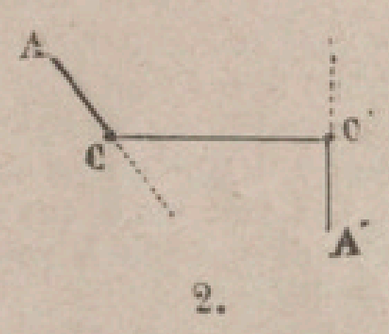
L, autre levier ayant les mêmes centres de mouvement et d'une forme plate et rectangulaire. C'est cette plaque que l'électro-aimant doit attirer quand il devient aimant par le passage du courant, et qui doit retourner à sa première position quand l'aimantation vient à cesser.



1

Dans ce moment, une dent de la roue appuie sur la pièce P', et si, par l'aimantation, L est attirée en avant, P' ira en arrière, quittera la dent de la roue, celle-ci avancera, mais ne pourra le faire que d'une demi-dent, parce que l'autre pièce P viendra se placer devant la dent suivante; l'aimantation cessant, un ressort ramène le levier O A, la pièce P quitte la dent de la roue, qui vient alors se reposer sur P', en ayant encore avancé d'une demi-dent; cette opération se répète autant de fois que l'on veut et avec les mêmes circonstances.

La roue a quatre dents, par conséquent elle avance de 1/8e de circonférence chaque fois; donc si l'on place une aiguille sur l'axe de la roue, cette aiguille prendra huit positions différentes autour de son centre; c'est ainsi que se font les indications de télégraphe que M. B. construit pour l'Etat; seulement dans la même boîte il y a deux mouvements d'horlogerie, deux électro-aimants et deux leviers O A (fig. 2). Il y a donc aussi sur le cadran, extérieurement, deux aiguilles A A' pouvant prendre indépendamment l'une de l'autre leurs huit positions autour du centre C, C'. Ces huit positions, combinées les unes avec les autres, donnent soixante-quatre signaux, que l'on est parvenu à doubler par un signal de convention. En un mot, ce télégraphe rend tous les signaux du vocabulaire Chappe, et a permis de combiner le télégraphe électrique avec la télégraphie aérienne, ce qui était un avantage immense surtout au début de l'application du nouveau système.



2.

A cet appareil, que l'on nomme *récepteur*, parce qu'il reçoit les signaux, il faut adjoindre un autre qui distribue, ou mieux établit et interrompt le courant électrique dans le récepteur; cet instrument est ce que l'on nomme le *manipulateur*. Cet appareil est double, ou plutôt composé de deux colonnes semblables.

La fig. 3 représente une colonne vue en perspective.

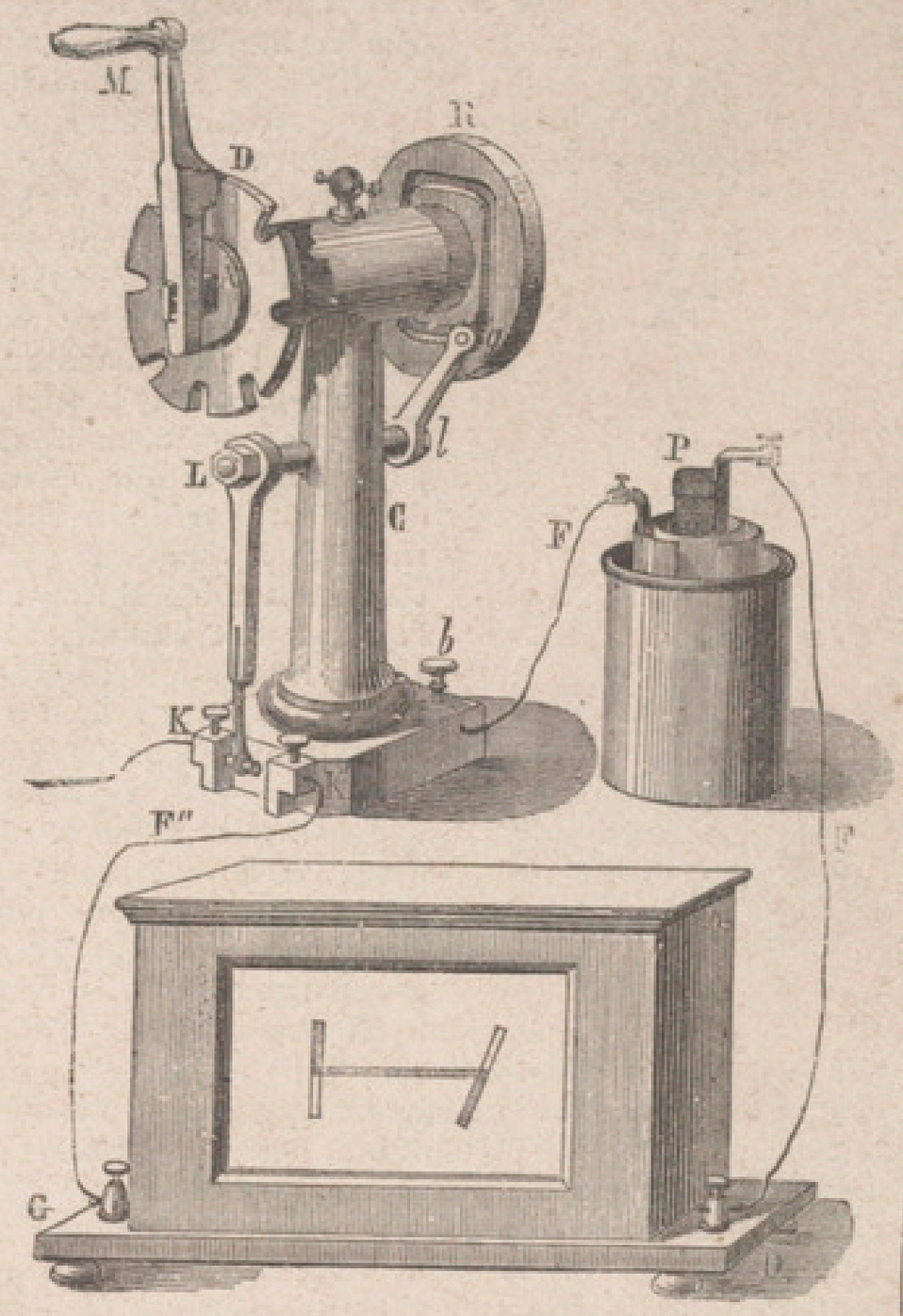
La colonne repose sur une embase, dans le haut elle est traversée par un axe A, qui sur le devant porte la manivelle M, et de l'autre côté la roue R, qui porte une cannelure de forme quadrangulaire.

D, diviseur fixé par des vis sur le haut de la colonne et concentrique à l'axe de la manivelle; c'est une roue qui porte huit entailles, dans lesquelles peut entrer une dent d'acier faisant partie de la manivelle C, centre de mouvement des deux leviers L et *l*.

l porte un galet *g* qui entre dans la cannelure de la roue R.

L peut se mouvoir entre deux contacts métalliques K et K', fixés sur une plaque en ivoire; ils portent

chacun un petit ressort contre lequel vient se faire le contact.



3.

Quand on prend la manivelle dans sa main et qu'on la fait mouvoir, R tourne en même temps et la cannelure, par sa forme, donne un mouvement de va-et-vient à *l*, et par conséquent aussi à L qui lui est solidaire au moyen de l'axe A. On voit alors que L oscille entre les contacts K et K', qui sont placés pour cela aux limites extrêmes de l'oscillation.

Maintenant, soit P une pile, F, F' les réophores. Mettons F en communication avec l'embase au moyen d'un bouton *b*, F' avec le bouton D du récepteur, et relions le bouton gauche G avec le contact K'.

Chaque fois que L viendra en contact avec K', le circuit de la pile sera complété, il passera dans le récepteur, l'électro-aimant correspondant sera devenu un aimant. La palette L sera attirée et l'aiguille prendra une certaine position si l'on avance la manivelle d'un cran, L se reportera sur K, le courant sera interrompu, la palette L retournera à sa place et l'aiguille prendra une nouvelle position, et ainsi de suite. En tournant les deux manivelles, les deux aiguilles en suivront exactement tous les mouvements.

Les instruments sont construits de manière à pouvoir faire prendre à l'aiguille 3,000 positions différentes dans une minute. Mais quand l'on transmet on est obligé à des temps d'arrêt, aussi on n'arrive qu'à faire 250 signaux réels dans une minute.

On profitait dans ce système de l'expérience de la télégraphie ancienne pour produire des signaux le plus simplement possible, avec le minimum d'angles; pour faire représenter à chacun d'eux non-seulement des lettres, mais encore les signes abréviatifs les plus convenables.

TÉLÉGRAPHE A CADRAN. L'État a des employés spéciaux; il peut donc avoir des instruments assez compliqués. Les chemins de fer, au contraire, où l'on

met des télégraphes dans toutes les stations, même les plus petites, ne peuvent avoir des employes très-habiles à manier ces appareils; il faut que chacun puisse faire usage de l'instrument sans avoir besoin d'une étude trop longue; aussi est-ce pour cela que l'on a adopté généralement le télégraphe à cadran de M. B., qui n'a de commun avec ceux qui ont été faits avant lui que le cadran usuel.

Récepteur. L'appareil est représenté dans son ensemble par la fig. 4. Le cadran porte les 25 lettres



Fig. 4.

de l'alphabet, qui, avec la croix, font 26 signaux différents, auxquels correspondent 26 positions de l'aiguille. On verra plus loin comment le mécanisme de l'instrument permet à l'aiguille de s'arrêter au milieu de l'une quelconque de ces divisions.

Au repos, l'aiguille doit toujours être à la croix, comme dans la figure 4. Cette position est celle d'où on part et à laquelle on doit toujours revenir.

Dans la transmission d'une dépêche, l'aiguille, parcourant rapidement le cadran de gauche à droite sans jamais rétrograder, fait un temps d'arrêt sur chacune des lettres composant la dépêche et sur la croix à la fin de chaque mot, pour le séparer bien nettement du suivant. Il faut suivre l'aiguille de l'œil et saisir ses temps d'arrêt, quoiqu'ils soient fort courts; c'est à quoi on arrive par une pratique de quelques jours.

La fig. 5 représente la dernière disposition intérieure donnée à l'instrument, dont la fig. 4 donne l'aspect extérieur. Il est vu par derrière, et l'aiguille est cachée par le cadran cc comme quelques autres parties essentielles.

L'armature en fer doux est portée par les deux vis *v*, *v'*, de telle sorte qu'elle peut osciller autour de la ligne *vv'* de suspension. La tige *t* liée à l'armature oscille avec elle, et vient buter de côté et d'autre sur les vis de réglage *r*, *r'*, au moyen desquelles on peut varier les limites du mouvement de l'armature. Quand l'appareil est au repos, le petit ressort boudin R tend à maintenir constamment la tige *t* appuyée contre la vis *r*.

Si un courant vient à passer dans les bobines de l'électro-aimant E, l'armature se trouve attirée et s'approche de l'électro-aimant autant que possible, c'est-à-dire jusqu'à ce que la tige *t* de l'armature vienne buter contre la vis *r'*. Si ensuite le courant est interrompu, l'attraction qu'exerçait l'électro-aimant sur l'armature cesse, le ressort R, qui n'a pas cessé d'agir, mais qui a cédé sous l'action plus forte de l'aimantation, entraîne l'armature et lui fait faire un second mouvement en sens inverse du premier. Il est souvent nécessaire d'augmenter ou de diminuer la force du

TÉLÉGRAPHIE.

ressort R : on y arrive en tournant dans un sens ou dans l'autre l'axe du limaçon L (fig. 5), ce qui pro-

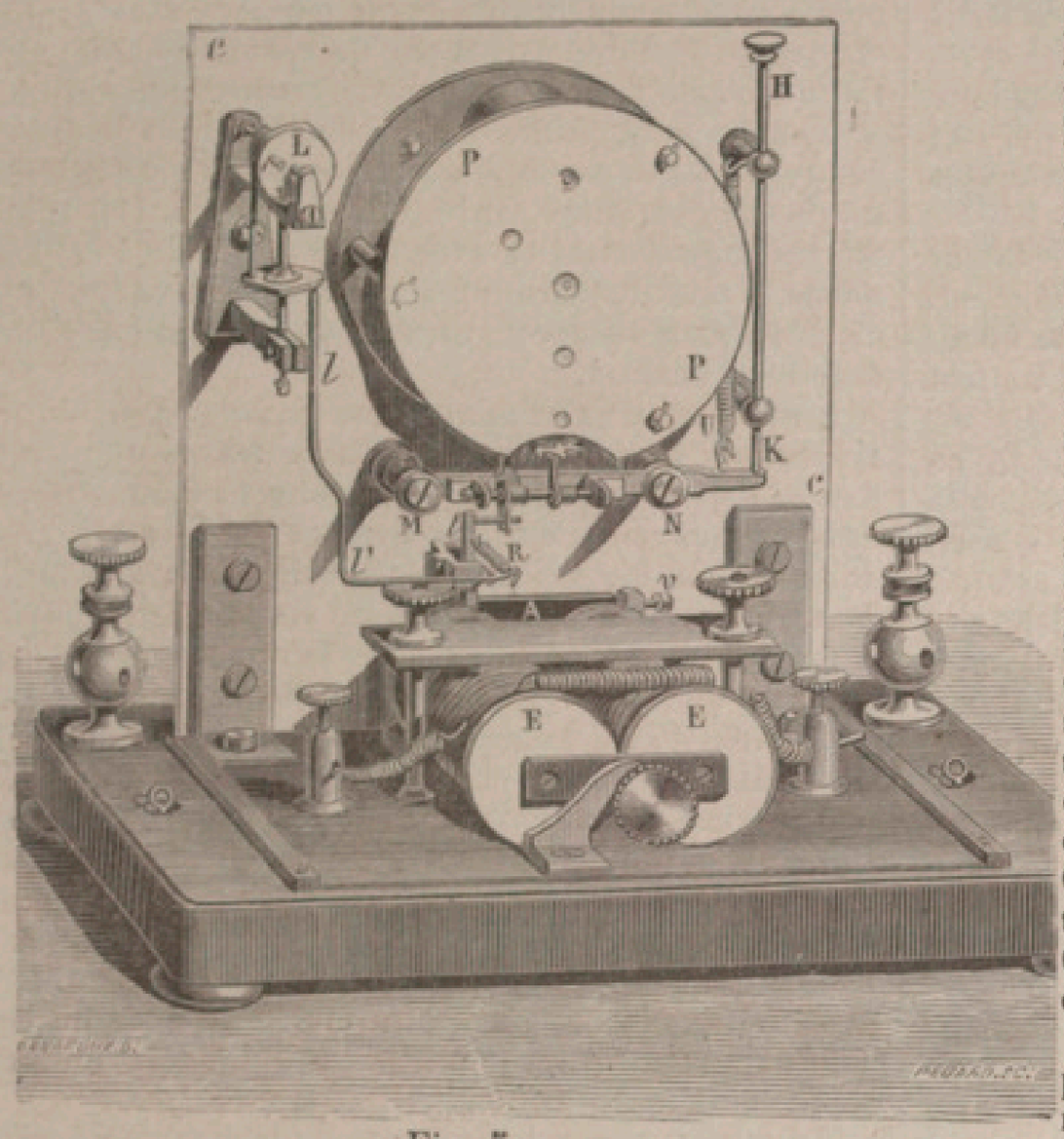


Fig. 5

duit un mouvement du levier *ll*, à l'extrémité auquel est attaché le ressort boudin R. Cet axe traverse le cadran et la face antérieure de la boîte, de telle sorte qu'on peut (fig. 4), au moyen d'une petite clef dite de *réglage*, tendre ou détendre le ressort sans démonter la boîte; une petite aiguille portée par la clef se meut devant le cadran de réglage et permet d'apprécier de combien on agit sur le ressort. Le rouage maintenu par les platines PP est un mouvement de pendule ordinaire. Il se compose d'un barillet qui contient le ressort moteur, et de trois mobiles qui transmettent son action à une dernière roue dite *roue d'échappement*, à cause de sa fonction que nous allons expliquer. C'est sur l'axe même de cette roue, prolongé au travers du cadran *cc*, qu'est placée l'aiguille indicatrice.

La roue d'échappement est double, c'est-à-dire qu'elle est composée de deux roues juxtaposées de telle façon, que les 13 dents de l'une sont juste au milieu des intervalles des 13 dents de l'autre. Ces 26 dents, en nombre égal aux lettres du cadran, viennent buter sur la petite pièce d'acier *p*, dite *palette d'échappement*, qui arrête le rouage. Cette palette est portée par un axe *aa'*, qui porte également une fourchette X; dans cette fourchette entre une cheville horizontale portée par la tige *t*, et par laquelle les mouvements de l'armature sont transmis à la palette *p*. Supposons l'appareil au repos, au départ la dent 1 est en prise sur la palette p, et l'aiguille est en face de la croix, dans la position verticale. Si l'armature, attirée par l'électro-aimant, fait un mouvement d'arrière en avant, la palette, faisant un mouvement semblable, glisse sur la dent 1 et la laisse échapper; le rouage se met en marche, mais la palette, qui est venue se placer dans le plan de la roue de devant, arrête la dent 2. On voit que la roue a avancé de 1/26 de tour et par conséquent l'aiguille d'une lettre : elle était au début en face de la croix; elle est maintenant sur l'A.

Si maintenant l'armature, cessant d'être attirée par l'électro-aimant, fait un nouveau mouvement d'avant en arrière, la palette *p* laisse échapper la dent 2 et vient arrêter la dent 3; la roue a avancé de nouveau de 1/26 de tour et l'aiguille est sur le B. On voit ainsi que, par une série d'envois et d'interruptions du courant, on fera prendre à l'aiguille les 26 positions correspondant aux 26 signes du cadran; il est important de noter que l'interruption du courant correspond à la croix ou aux chiffres pairs, et le passage du courant aux chiffres impairs.

Cadran manipulateur. Il se compose (fig. 6) d'une planche de forme carrée, sur laquelle est monté, au moyen de trois colonnes, un plateau circulaire ou cadran en laiton. Ce plateau porte sur son pourtour des échancrures se trouvant en regard des lettres et des nombres que l'on a gravés sur le cadran, sur deux circonférences. Une manivelle est articulée, au centre du plateau; sur son axe est montée une roue, sur le plan de laquelle est creusée une gorge sinueuse, et dont les sinuosités sont régulières et produisent un nombre d'allées et venues égal à celui des signes gravés sur le cadran. Cette roue produit dans son mouvement de rotation le mouvement de va-et-vient du levier G qui oscille autour du centre O, et va toucher alternativement les contacts P, P'.

Dans la planche sont incrustées dix petites platines ou pièces de contact, auxquelles viennent aboutir les fils qui conduisent le courant électrique dans les divers appareils qui composent le poste : devant le cadran se trouve aussi une plaque oblongue; elle porte ces mots : « *Communication directe.* » En outre, on voit deux languettes mobiles L, L' qui sont susceptibles d'être dirigées, l'une à gauche sur les contacts S', S', E'; l'autre,

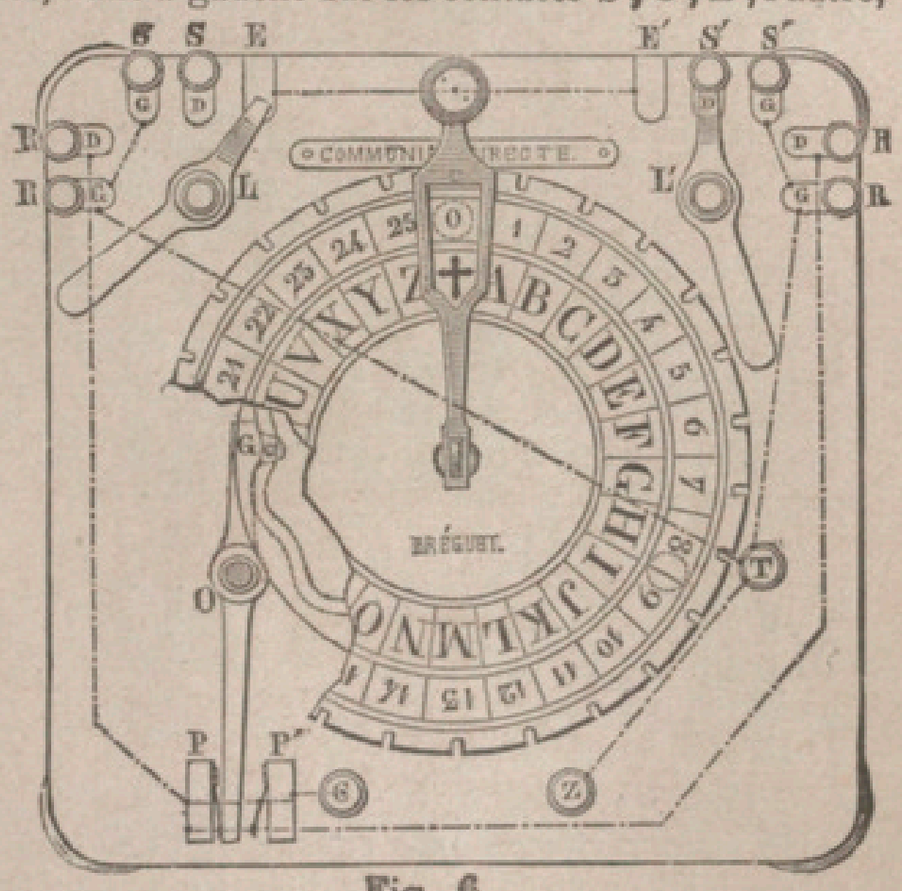


Fig. 6.

celle de droite, sur les contacts semblables S, S, E, ainsi que sur la plaque oblongue. Ces deux pièces sont appelées commutateurs de lignes.

Il y a encore trois boutons, dont deux C et Z sont destinés à recevoir les fils venant des pôles de la pile et l'autre T le fil de la terre.

Les différentes parties du manipulateur sont reliées entre elles par des fils métalliques qui passent dessous la planche et qui sont représentés dans la figure par des lignes ponctuées. Toutes les platines S', S', R', R', à droite et à gauche, communiquent au bouton T qui, de son côté, est réuni au bouton Z.

Des colonnes qui supportent le cadran, celle qui est

placée sous la croix communique avec la plaque E L.

Le bouton S est relié au contact P.

Le contact P' communique avec les platines R, R le droite et de gauche.

On voit enfin qu'il y a communication immédiate entre la colonne qui est sous la croix et celle qui sert de centre de mouvement au levier L, puisque toutes eux sont fixées au cadran.

Toutes les fois que la manivelle du manipulateur est placée sur un nombre impair 1, 3, 5, etc., la pile L est en contact avec P, et si, au contraire, cette manivelle est sur les nombres pairs 0, 2, 4, etc., le contact aura lieu avec P'.

Quand on veut faire une lettre, par exemple Q, on prend la manivelle en la soulevant un peu, puis on la porte sur la lettre Q; l'aiguille du récepteur a suivi tous les mouvements et s'arrête aussi sur Q, et ainsi des autres lettres. Après chaque mot, on revient à la croix. Quoique ces instruments soient réglés de manière à faire faire à l'aiguille du récepteur 4,000 signes dans une minute, en tournant la manivelle d'un mouvement continu, on ne peut dans la correspondance que passer soixante à quatre-vingts lettres, ce qui tient aux temps perdus nécessaires pour aller, d'une part, sur une lettre déterminée, et, d'autre part, à cause d'un temps d'arrêt obligé sur la lettre envoyée, pour que celui qui la reçoit ait le temps de la lire.

SONNERIE TREMBLEUSE. Nous donnerons encore ici la sonnerie trembleuse qui sert presque toujours aujourd'hui pour avertir d'un poste à l'autre.

Cet instrument est représenté par la fig. 7.

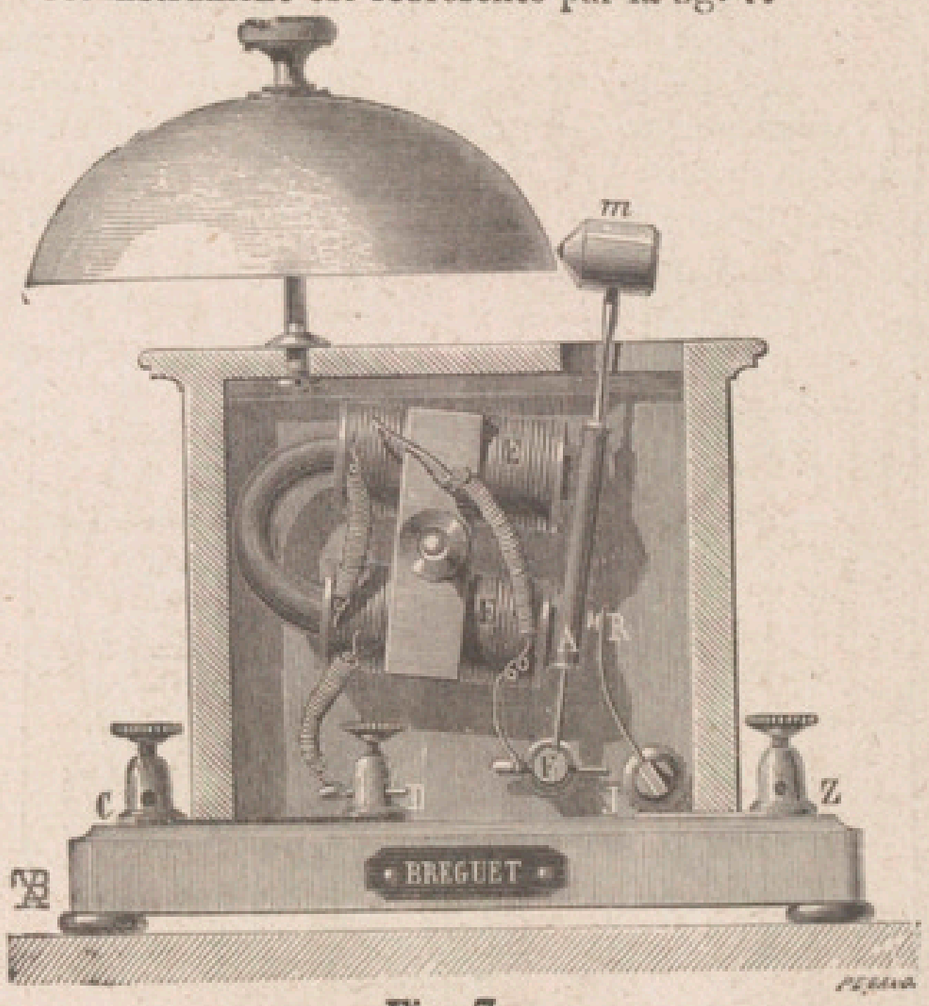


Fig. 7.

Un courant envoyé dans l'appareil suit la bande de cuivre CD, parcourt le fil de l'électro-aimant E, est conduit ensuite en F, suit l'armature A, le ressort R et la bande JZ, pour retourner à la pile.

Dès que le circuit est fermé hors de cet appareil, l'armature est attirée par l'électro-aimant et le contact en R cesse d'avoir lieu; de là il résulte que l'électro-aimant cesse d'attirer l'armature, qui retombe sur le ressort et referme le circuit; le courant passant de nouveau, l'armature est de nouveau attirée, etc.; ces effets se reproduisant successivement avec rapidité, l'armature prend un mouvement d'oscillation ou de tremblement qui dure autant que le circuit est complet hors de l'appareil.

A chaque attraction de l'armature, le marteau *m* qu'elle porte vient frapper le timbre, ce qui produit un bruit très-intense.

On remarque que l'armature n'est pas portée par un axe et sur des pointes de vis comme dans les instruments précédemment décrits, on a trouvé plus avantageux de le faire porter par un ressort flexible qui fait en même temps fonction de ressort antagoniste.

L'administration des télégraphes français emploie ces sonneries dans certains postes montés avec le télégraphe Morse; elles peuvent fonctionner à 100 kilomètres (lignes établies avec du fil de fer de $4^{m}/_{m}$) et même à une distance plus grande, pourvu que les électro-aimants aient un nombre de tours et une résistance convenables.

HISTOIRE DE LA TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE. Maintenant que l'on est familiarisé avec les questions qui font le sujet de cet article, nous pouvons donner quelques détails sur cette importante découverte, qui, annulant les distances, constitue une des plus brillantes conquêtes que l'humanité ait jamais réalisées.

On pense généralement qu'il faut absolument une pile pour qu'un télégraphe puisse exister; mais cependant, vers 1774, *Lesage*, savant de Genève, imagina le premier télégraphe électrique, et à cette époque la pile n'existait pas, puisqu'elle ne fut découverte par Volta qu'au commencement de notre siècle. Il employa l'électricité statique, et se servait pour électro-moteur d'une machine électrique. Un fil particulier était affecté à chaque lettre; il y en avait vingt-quatre. Il y avait en outre autant d'électro-moteurs que de fils, et ceux-ci étaient isolés le mieux possible en les immergeant dans la résine fondue.

En faisant passer la décharge de la machine par tel ou tel fil, l'électromètre correspondant indiquait la présence du fluide électrique par l'écartement des balles de sureau, et ce mouvement représentait la lettre en rapport avec cet électromètre.

Bétancourt établit ce système à Madrid. Ce n'était encore qu'une solution scientifique; cependant l'idée était déjà matérialisée, mais non pas arrivée à l'état pratique, vu la difficulté insurmontable d'isoler parfaitement le conducteur de l'électricité statique, ce qui est difficile même dans un cabinet de physique.

En 1794, *Reiser*, un Allemand, donna dans le *Magasin périodique* de Voigt la description d'un télégraphe, consistant en une machine électrique et une table de verre, dans laquelle étaient incrustées toutes les lettres de l'alphabet; ces lettres étaient en métal, communiquaient toutes par leur fil respectif, bien isolé, avec la machine, et l'électricité étant envoyée par un fil, la lettre à laquelle il touchait devenait brillante.

D'après le *Magasin* de Voigt de 1798, le docteur *Salva* construisit en Espagne un télégraphe fondé sur ce principe. Une nouvelle fut apportée ainsi d'une grande distance à l'infant don Antonio.

Franklin eut aussi l'idée d'appliquer l'électricité à la transmission des dépêches.

Ainsi, en Europe, en Amérique, cette idée germait dans les cerveaux; elle n'attendait plus que la découverte d'un moteur sûr et commode.

Ce ne fut pourtant que onze ans après la découverte de Volta, en 1811, que *Somering* eut la première idée de son application aux télégraphes. De tous les phénomènes remarquables que produit la pile, on ne connaissait encore que la décomposition de l'eau. Il fit avec elle ce que Lesage avait fait avec des électromètres, c'est-à-dire qu'il plaça autant de fils que de lettres, et à l'extrémité de chaque fil était un voltamètre.

Coxe, de Philadelphie, fit mention de l'application du galvanisme à la construction des télégraphes, mais ne donna aucun moyen pratique (1).

1. *Annales* du docteur Thomson, 1re série, t. VII, p. 162, 1816.

Dix ans après la découverte de la pile, *Œrsted* fit une autre découverte fondamentale, celle de la déviation de l'aiguille aimantée par le courant électrique, et dans cette même année 1810, l'illustre physicien *Ampère*, dans un mémoire qu'il publia sur ce fait, s'exprima ainsi :

« Autant d'aiguilles que de lettres de l'alphabet qui seraient mises en mouvement par des conducteurs qu'on fait communiquer successivement avec la pile, à l'aide de touches de clavier qu'on abaisserait à volonté, pourraient donner lieu à une correspondance télégraphique qui franchirait toutes les distances, et serait aussi prompte que l'écriture ou la parole pour transmettre la pensée. »

Peu de temps après la découverte d'Œrsted, un instrument d'une sensibilité extrême, le multiplicateur ou galvanomètre, fut imaginé par Schweiger, et permit de faire mouvoir l'aiguille aimantée par la moindre trace de courant électrique.

En 1823, *Ronalds* fit un télégraphe avec un cadran, dont les signaux apparaissaient par une petite ouverture les uns après les autres; c'est le premier télégraphe à cadran.

En 1832 et 1833, le baron *Schilling* imagina un télégraphe qu'il expérimenta à Saint-Pétersbourg, et pour la première fois fit l'emploi d'un timbre avertisseur, pour prévenir le correspondant du moment de l'envoi d'une dépêche.

Cooke et *Wheastone* établirent en Angleterre le télégraphe du baron Schilling, mais en réduisant le nombre des fils d'abord à cinq, puis à deux, et même à un seul fil; mais le cas le plus usuel est le télégraphe à deux fils.

La première ligne établie le fut en 1837, entre deux stations du chemin de fer de Londres à Birmingham.

En 1838, *Morse*, de New-York, communiqua à l'Académie des sciences un nouveau télégraphe de son invention, où fut faite pour la première fois l'application de la découverte de M. Arago en 1823, savoir, l'aimantation du fer par un courant électrique.

Un électro-aimant dont le fil est le prolongement du conducteur placé sur la ligne, devient aimant quand le courant circule. Dans cet état, il attire un morceau de fer fixé à un levier, et l'autre extrémité de ce levier porte une pointe qui alors vient frapper sur une bande de papier qui se déroule devant elle.

Si le courant n'existe qu'un instant très-court, la pointe marque un point; s'il persiste un moment, une seconde ou deux, elle fait un trait, et ce mélange de points et de traits permet de composer un alphabet.

L'appareil de Morse eut ces avantages sur ceux qui l'avaient précédé, qu'un seul fil était suffisant pour établir une correspondance, et que les dépêches y laissaient des traces.

Steinhel a construit en 1838 et établi à Munich un télégraphe qui imprime aussi des points et des traits sur une bande de papier. Morse a fait usage d'une pointe sèche, et Steinhel a employé une pointe chargée d'encre; au lieu d'avoir une seule pointe il en avait deux; il ne faisait pas des traits, mais seulement des combinaisons de points. Son télégraphe n'est pas, comme celui de Morse, resté dans la pratique, mais on doit noter que ce fut un de ceux qui les premiers employèrent la terre comme second conducteur.

En même temps que ses aiguilles marquaient des points, elles pouvaient aussi faire entendre un son en frappant chaque fois sur un timbre.

1840. *M. Wheastone* expérimenta à l'Observatoire un télégraphe à cadran qui devait peu différer de celui que Ronalds avait construit en 1823.

1842. *M. Jacobi* expérimenta entre Tsarkoé-Selo et Saint-Pétersbourg, distance de 25 kilomètres. Contrairement à l'usage qui est de faire porter les fils sur des poteaux, il les enfouit sous terre. Cependant, sur une longueur de 9 kilomètres, il supprima un des fils et le remplaça par le sol, et l'intensité du courant se trouva doublée.

A peu près à la même époque, il faisait des expériences sur la possibilité d'employer la terre comme portion du circuit. Il s'en servit même comme électromoteur. En enfonçant dans le sol une plaque de cuivre et une plaque de zinc, chacune à l'extrémité d'un fil d'un myriamètre, il obtint un courant capable de faire fonctionner un télégraphe; les plaques avaient 26 centimètres carrés de surface.

1845. *M. Bréguet* fait pour l'administration des lignes télégraphiques de France un télégraphe à deux cadrans pouvant représenter les signaux des télégraphes aériens. Le 11 mai, ce système fut essayé pour la première fois devant la commission nommée par le gouvernement. La ligne fut inaugurée par ces mots : « Comment va Bréguet? — Bien, il fume un cigare. »

A la même époque, M. Bréguet fit un nouveau télégraphe à cadran à l'usage des chemins de fer. Ces deux systèmes décrits ci-dessus ont été jusqu'en 1849 exclusivement employés, le premier par l'État, et l'autre par tous les chemins de fer.

Passons à la description des divers appareils construits depuis cette époque.

DES PRINCIPAUX SYSTÈMES DE TÉLÉGRAPHES. Les inventions les plus ingénieuses se succèdent chaque jour pour le perfectionnement du télégraphe électrique : nous décrirons les plus remarquables.

TÉLÉGRAPHE A AIGUILLES DE COOKE ET WHEASTONE. Cet appareil, le plus simple de tous, presque celui indiqué par Ampère en 1820, est usité en Angleterre, et dans quelques États de l'Allemagne; il est à multiplicateur et à deux aiguilles.

La fig. 8 montre l'extérieur de l'instrument. Sur le devant sont deux aiguilles ayant une position verticale : dans le bas sont les deux manettes qui servent à les faire mouvoir.

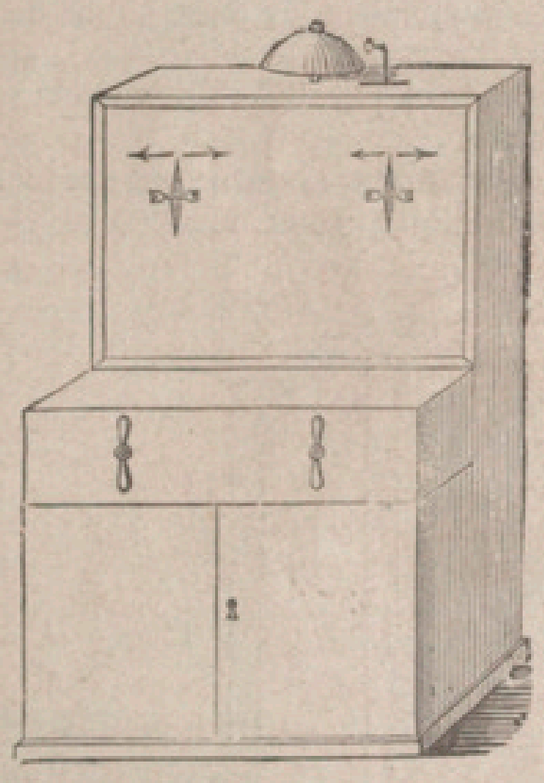


Fig. 8.

Les signes ou lettres sont représentés par les oscillations, soit d'une aiguille, soit de toutes deux ensemble; leurs excursions sont limitées à de fort petits arcs, par de petites chevilles contre lesquelles elles viennent buter.

Par exemple, aiguille gauche :

Un mouvement à gauche sera le signe + dans nos télégraphes et se fera après chaque mot.

Deux mouvements représenteront A.

Trois mouvements représenteront B.

Un mouvement à gauche, puis un à droite, C; et ainsi de suite.

On voit de quelle manière on peut se former un alphabet.

Les mouvements des aiguilles sont produits par des mouvements semblables des manettes. Chaque fois que la main se porte d'un côté ou de l'autre, elle fait mouvoir un commutateur qui change le sens du courant, et, par conséquent, fait dévier l'aiguille dans un sens et dans l'autre.

Nous donnons (fig. 9) une vue de côté de l'intérieur de l'appareil; les deux parties étant tout à fait semblables, on se fera facilement une idée du tout.

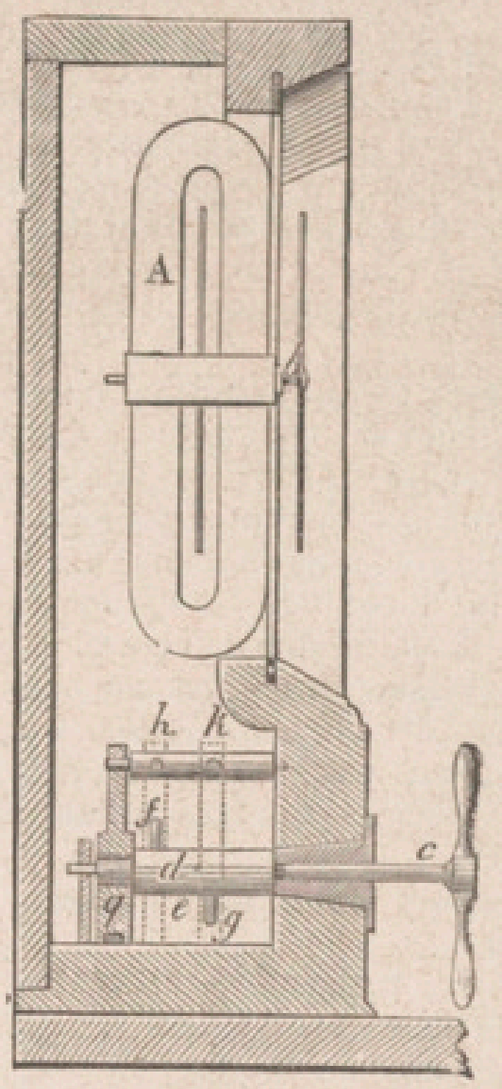


Fig. 9.

A est le multiplicateur, qui est formé d'environ 300 mètres du fil de cuivre couvert de soie. Le fil est enveloppé sur deux cadres, séparés par une petite distance, pour donner passage à un axe horizontal *b* qui porte deux aiguilles, une qui oscille dans l'intérieur, et l'autre qui paraît devant le cadran : toutes deux sont aimantées; cette disposition représente donc le système de Nobili. Le courant agit sur les deux aiguilles dans le même sens. Celle qui est extérieure sert en même temps d'indicateur. Le manipulateur ou commutateur, qui est dans le bas de l'appareil, consiste en un axe *cd* dont la partie du milieu *e* est en ivoire, et les autres parties *c* et *d* en métal.

L'extrémité *c* porte une poignée ou manette, et l'autre *d* un tourillon qui tourne dans la pièce *q*.

Sur la partie *d* est une cheville *f*, parallèle à la poignée. Elle est placée verticalement dans l'état de repos.

Dans la direction opposée et parallèle est une cheville *g* fixée sur la partie *c*.

Les pôles de la batterie viennent aboutir aux écrous Z et C (fig. 10), et communiquent aux ressorts intérieurs *k* et *m*, qui appuient, l'un sur la partie *c* et l'autre sur la partie *d*, et sont de la sorte en liaison

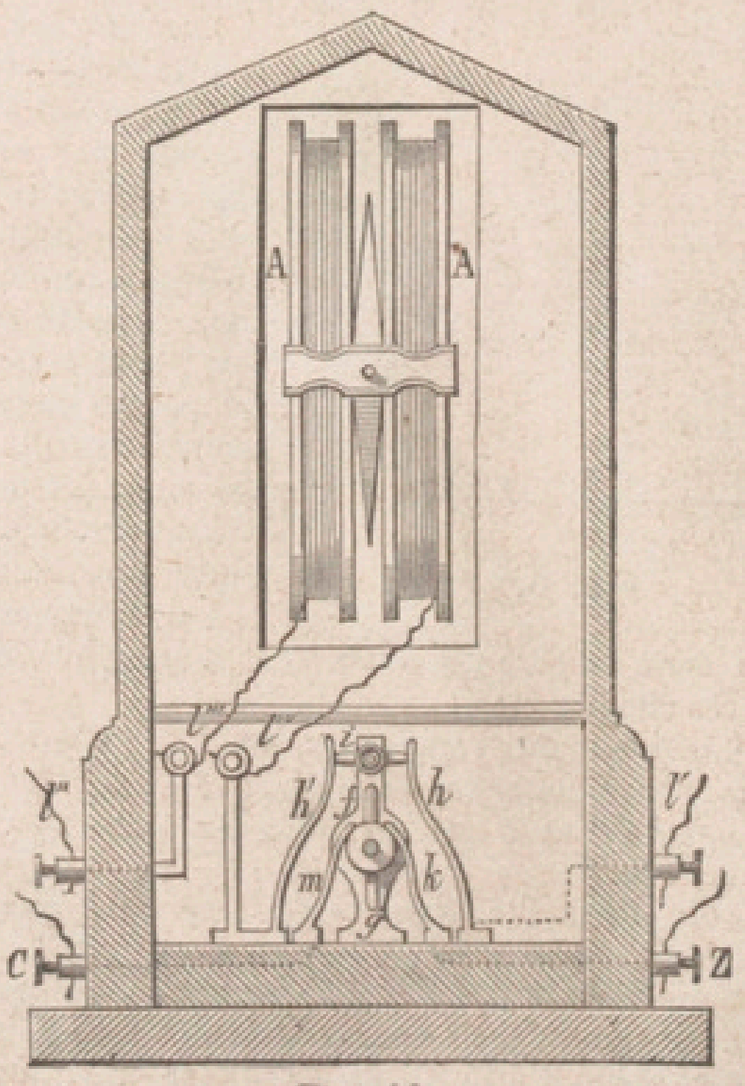


Fig. 10.

avec les chevilles *g* et *f* qui deviennent alors les pôles de la batterie.

Deux ressorts *h* et *h'* sont placés sur la base de l'instrument; ils appuient contre deux pointes *i*, qui sont portées par une colonne fixée au fond de la boîte.

L'un de ces ressorts *h'* est relié avec le fil *l'* pendant que l'autre *h* l'est avec *l*¹ par une petite colonne placée sur son pied. Le courant venant par le fil *l*¹ passe par la position *i*, entre dans le fil du multiplicateur, et arrive à *l*³, où s'attache le fil qui vient de la station éloignée.

Quand on veut envoyer un signal, on tourne la manette ou clef (fig. 11), par exemple, vers la gauche,

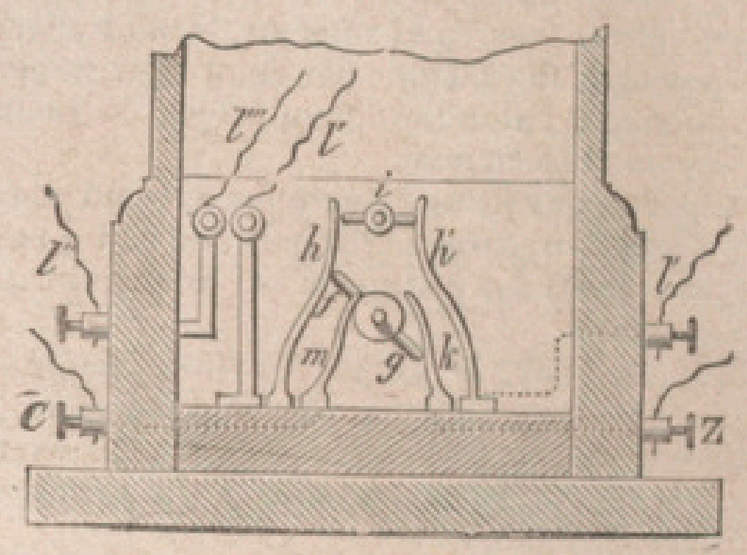


Fig. 11.

ce qui porte la cheville *f* sur le ressort *h*; ce ressort *h* quitte la pointe *i*. Alors, voici la marche du courant. Le pôle cuivre est en C; le courant passe par *m*, dans la partie *d* de l'axe de la pointe *f*; il arrive au ressort *h*, entre dans le multiplicateur, en ressort par *l*⁴ et *l*⁵, suit le fil, entre dans l'appareil du correspondant, où la clef est droite, par le fil *l* au point de départ, puis rejoint par le sol, suivant la locution ordinaire, le pôle zinc.

Si la clef était tournée de l'autre côté, la pointe *f* toucherait *h'* et le point *g* le ressort *h*; ce serait alors celui-ci qui quitterait la pointe *i*. On voit de suite que le courant serait changé de sens. L'aiguille dévierait donc dans un autre sens.

Ce télégraphe a l'avantage d'être très-simple dans sa construction, puisqu'il n'y a aucun rouage, la mécanique n'y est pour rien. Il se meut par suite avec de faibles courants.

Télégraphe Morse. Le télégraphe de Morse est de ceux qu'on appelle écrivants; il laisse en effet de la dépêche reçue une trace en signes conventionnels, avantage considérable qui en a fait la supériorité. Il a été employé d'abord en Amérique, puis en Allemagne; son usage s'est encore plus répandu dans ces dernières années, et il a été adopté par tous les gouvernements de l'Europe pour les communications internationales.

Récepteur. L'appareil est représenté fig. 12. La cage PP contient un mouvement d'horlogerie à ressort d'une assez grande force, dont la vitesse est régularisée au moyen d'un volant régulateur.

L'un des axes du rouage prolongé en dehors de la cage porte le rouleau ou cylindre N, sur lequel vient appuyer un second rouleau de même dimension. Une bande étroite de papier emmagasinée sur la roue C vient passer entre ces deux cylindres, dont la surface est rugueuse et est entraînée par le mouvement du rouage. Le rouleau supérieur est mobile autour de l'axe *o*; au moyen de la vis *k* et du ressort *m*, on règle la pression du rouleau supérieur sur l'inférieur.

Pour mettre le papier en place, on le fait passer dans un premier guide *g*, où il est légèrement pressé par un ressort d'acier plat, puis dans un second G qui a la forme d'une bobine vide, et enfin on le glisse entre

les deux rouleaux en soulevant le supérieur. Le rouage est arrêté ou mis en marche au moyen du levier ll'. Au-dessus de l'électro-aimant E on voit l'armature A

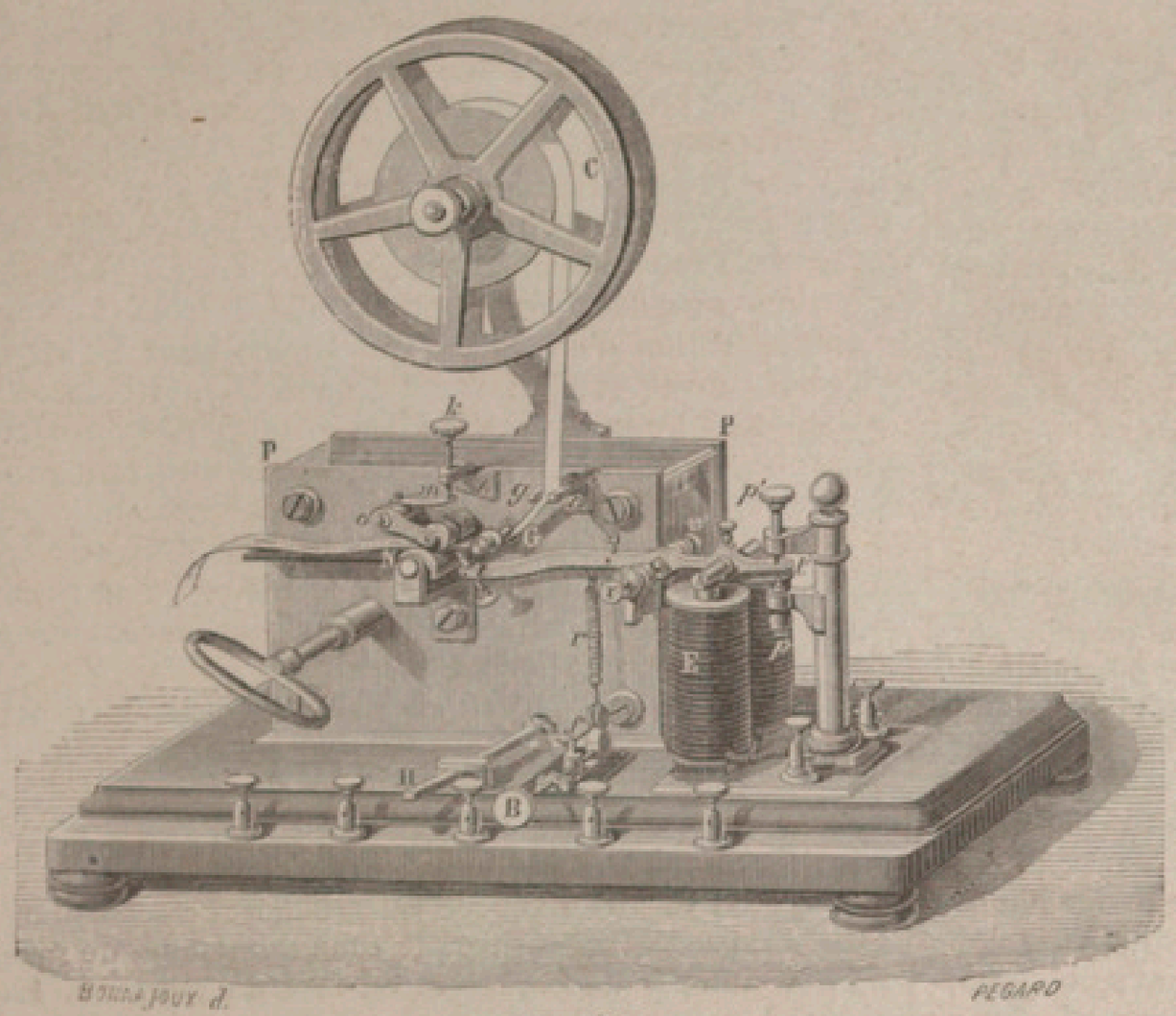


Fig. 12.

cylindrique. Le levier *ll'* de l'armature est porté sur deux pointes de vis *v*, *v'*; sa course est limitée par les vis *p*, *p'*.

Au repos, le levier est maintenu par le ressort antagoniste *r* dans la position figurée, butant contre la vis *p'* supérieure; mais, quand le courant passe dans le fil des bobinés, l'électro-aimant attire l'armature, qui s'abaisse jusqu'à ce que le levier bute contre la vis *p* inférieure; la tension du ressort antagoniste se règle au moyen du bouton B qui fait tourner une vis sans fin à pas très-étroit; cette vis est portée par deux collets fixes et fait mouvoir la pièce *f*, à laquelle est attachée l'extrémité du fil de soie qui tire le ressort *r*. Avec cette disposition, il faut donner un mouvement considérable au bouton pour augmenter ou diminuer

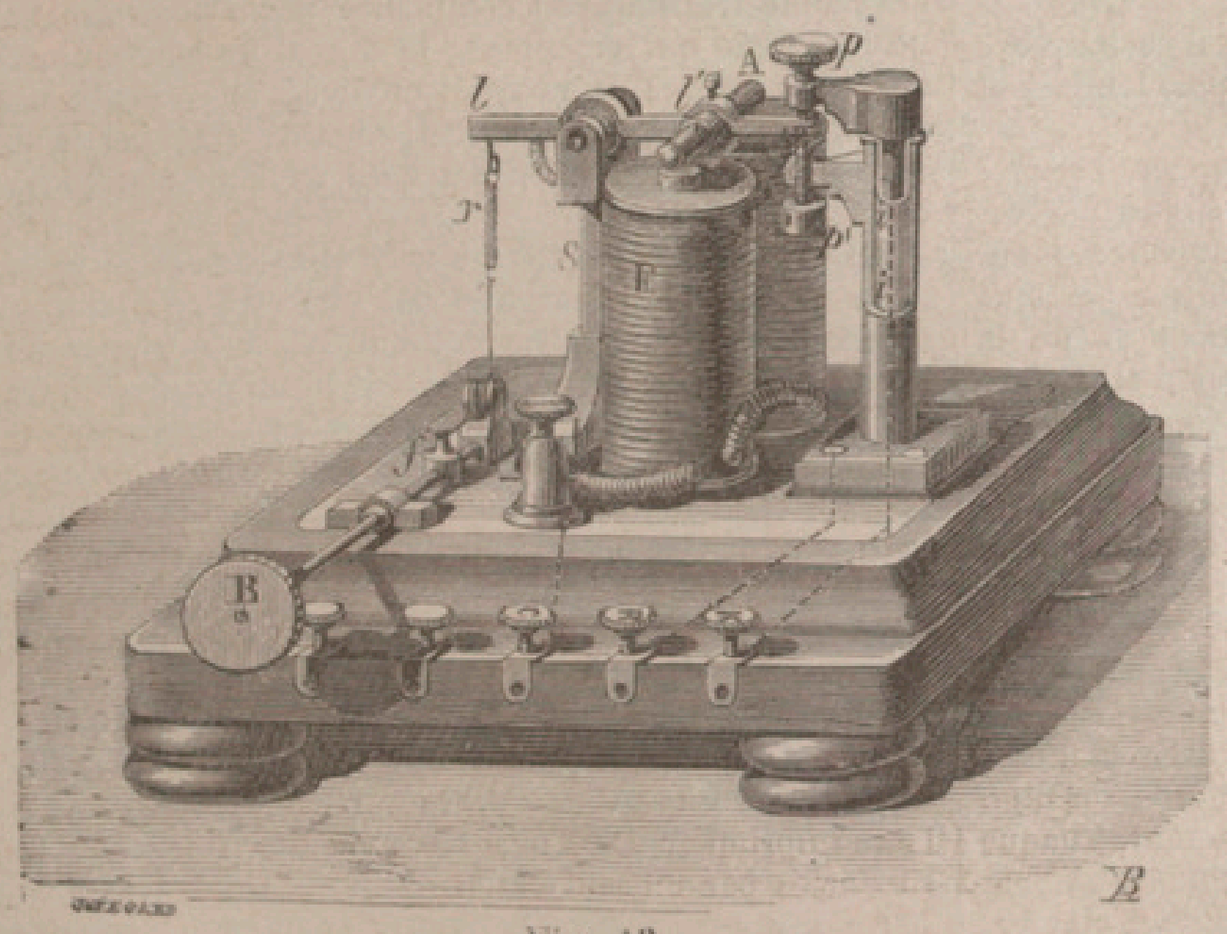


Fig. 13.

d'une manière sensible la tension du ressort, et on peut ainsi obtenir exactement la force qui donne le meilleur réglage. L'extrémité *l* du levier porte un *style* ou pointe traçante en acier dont la position peut être réglée par le pas de vis et le bouton qui la termine inférieurement; quand le levier vient buter contre la vis inférieure *p*, le style vient toucher le papier et pénètre légèrement dans une rainure pratiquée dans le rouleau supérieur, de manière qu'il produit une saillie en relief dans le papier; cette saillie a la forme d'un point, si l'armature n'est abaissée qu'un instant et d'un trait si l'attraction dure plus longtemps.

La combinaison de ces deux signes, point et trait, correspondant à des envois de courant presque instantanés ou prolongés un peu, permet d'obtenir des signaux très-nombreux. Les lignes ci-dessous donnent l'idée de l'alphabet employé.

a	b	c	d	e
·—	—···	—·—·	—··	—

Relai. Il faut pour faire fonctionner l'appareil Morse une aimantation assez énergique, à cause du poids considérable du levier et de la nécessité de gaufrer le papier. On n'obtiendrait pas une marche régulière et suffisamment rapide avec le courant envoyé directement d'une station éloignée; on est obligé pour y arriver d'employer un appareil accessoire, appelé *relai*, qui est très-sensible, c'est-à-dire qui peut marcher avec un très-faible courant et qui a pour mission de fermer le circuit d'une pile locale dont l'énergie est suffisante pour faire fonctionner le récepteur Morse.

Le relai est représenté par la fig. 13.

L'armature A et son levier *ll'* sont très-légers et obéissent par conséquent rapidement à l'attraction de l'électro-aimant E; le ressort antagoniste se règle de la même manière que celui du récepteur au moyen du bouton B qui est porté par une vis sans fin; cette vis fait avancer ou reculer la pièce *f*, à laquelle est attachée l'extrémité du fil de soie qui tire le ressort *r*.

Les vis *p*, *p'* servent à régler la course de l'armature, mais elles ont encore une autre fonction : la colonne qui les porte est représentée en coupe et montre qu'elles sont isolées l'une de l'autre par un tube de bois ou d'ivoire *ii*, la vis inférieure communique par le tube de cuivre formant l'enveloppe de la colonne au bouton R, *récepteur*; d'ailleurs, la tige de l'armature communique par son support S au bouton C auquel aboutit le pôle cuivre de la pile locale; si donc on réunit le bouton R au bouton du récepteur communiquant avec l'électro-aimant et le deuxième bouton du récepteur au pôle zinc de la pile locale, ce circuit local se trouve fermé chaque fois que le levier et l'armature viennent toucher la vis *p'*; il en résulte que le levier *ll'* du récepteur suit les mouvements du levier *ll'* du relai, et que les courants envoyés, pendant un temps plus ou moins long, de la station éloignée dans le relai, produisent sur la bande de papier du récepteur des traces de longueur correspondante.

Manipulateur. L'appareil est représenté fig. 14

Le levier *ll'* est maintenu dans la position figurée, c'est-à-dire en contact avec la pièce p, par un ressort R d'acier placé au-dessous; c'est la position du repos ou d'attente: le levier est en communication avec le fil

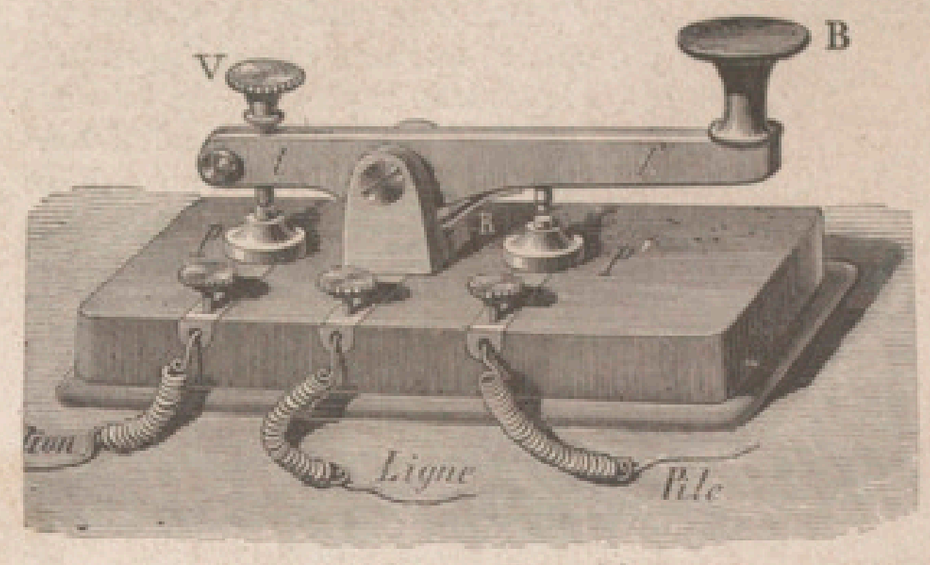


Fig. 14.

de la ligne, comme l'indique la figure. En saisissant le bouton B avec la main, on fait basculer le levier autour de son milieu et on l'abaisse jusqu'au contact de p' qui est réuni à la pile; on envoie ainsi le courant dans un relai, et aussi longtemps on le maintient dans cette position, aussi longtemps l'armature du relai est attirée par l'électro-aimant, et son levier abaissé de manière à envoyer le courant de la pile locale dans le récepteur Morse; ainsi le levier du relai suit le mouvement du levier du manipulateur, comme le levier du récepteur suit les siens. La vis V sert à régler la course du levier pour la facilité de l'employé.

Au lieu de faire gaufrer le papier par une pointe sèche, on préfère aujourd'hui faire tracer à l'encre les signes à l'aide d'une molette garnie d'encre qui vient appuyer sur le papier comme fait la pointe sèche. On obtient ainsi un télégraphe imprimeur, en signes conventionnels. La solution complète consiste à imprimer la dépêche en lettres, comme l'a fait M. d'Arlincourt pour le télégraphe à cadran, et M. Hughes dans l'appareil à clavier que nous allons décrire.

TÉLÉGRAPHE IMPRIMEUR DE HUGHES A GRANDE VITESSE. — M. Hughes, professeur dans une université des États-Unis d'Amérique, a construit un télégraphe imprimeur qui transmet les dépêches avec une merveilleuse rapidité, et n'a besoin pour fonctionner que de courants très-faibles.

Acquis par l'administration française, il est employé avec succès par elle pour les lignes les plus longues et les plus chargées.

Les principes sur lesquels repose cet appareil sont le synchronisme du mouvement des appareils en mouvement, et l'emploi de l'électricité seulement pour agir sur un organe d'arrêt; les détails du mécanisme combiné en vue de la multiplicité des opérations et de la vitesse des mouvements ne méritent pas moins d'attirer l'attention que l'ingéniosité de la conception.

Chaque appareil, dit M. Blavier dans son savant et si complet *Traité de Télégraphie*, auquel nous empruntons cette description, comprend trois axes distincts qui sont mis en mouvement par le même mécanisme d'horlogerie.

Sur l'un des axes est fixée la roue des types.

Le second qui constitue le manipulateur est vertical et porte un bras horizontal tournant avec la même vitesse angulaire que la roue des types, au-dessus d'un disque percé de trous disposés circulairement. Chaque trou est traversé par une lame métallique ou *goujon*, qui est en relation avec une des touches d'un clavier. Ces goujons sont reliés au pôle de la pile, et le bras horizontal, qu'on nomme le *chariot*, au fil de la ligne, Quand on abaisse une touche, le goujon correspondant se soulève, et, au moment où le chariot passe au-dessus, un contact métallique s'établit, le courant est envoyé sur la ligne.

Le troisième axe est destiné à produire l'impression et n'est mis en mouvement qu'au moment où le courant traverse l'électro-aimant. Il porte des cames dont l'une soulève un petit marteau cylindrique, et l'applique contre la roue des types; une seconde came le fait tourner après l'impression et fait avancer le papier.

Malgré l'intermittence du mouvement de l'axe imprimeur, celui du chariot et de la roue des types n'est pas altéré, grâce à l'addition d'un volant qui emmagasine la force vive, et d'un régulateur à lame vibrante.

Deux appareils identiques sont placés aux extrémités d'une ligne, et les axes sont animés d'un égal mouvement de rotation.

L'impression a toujours lieu, du reste, au point de départ en même temps qu'au point d'arrivée, afin que les conditions mécaniques des deux appareils soient identiques.

La roue des types n'est pas calée sur son axe; elle peut se déplacer en tournant sur elle-même au moment où l'axe imprimeur soulève le marteau.

Une came spéciale s'engage entre les dents d'une roue dentée, dite *roue correctrice*, qui tient à la roue des types, et fait avancer ou reculer cette dernière sans rompre sa liaison avec le rouage moteur, de manière à amener un caractère en face du marteau. La concordance entre les appareils placés aux deux extrémités de la ligne se trouve ainsi rétablie à chaque impression, pourvu que l'écart ne dépasse pas la moitié de l'espace qui sépare deux lettres.

Il fallait, de plus, pouvoir établir promptement l'accord entre les appareils en communication, quand il est rompu par une circonstance accidentelle. Arrêter le moteur aux deux stations eût été impraticable, car le mouvement n'est régulier et uniforme qu'au bout d'un instant, quand il a atteint sa vitesse normale. La roue des types peut être arrêtée isolément à l'aide d'une pédale dans une position fixe, toujours la même, telle, par exemple, que le caractère qui correspond au blanc ou à la croix, se trouve au-dessus du marteau; le premier courant qui arrive dans l'électro-aimant met en mouvement les roues des types dans des conditions identiques.

Chaque transmission commence par l'abaissement de la touche qui représente le signal de convention, blanc ou croix; le courant envoyé, au passage du chariot sur le goujon correspondant, fait partir la roue qui se trouve ainsi d'accord avec le manipulateur.

La roue des types tourne avec une grande vitesse. Si le marteau était terminé par une surface plane, il en résulterait un frottement nuisible à la pureté de l'impression, aussi est-il remplacé par un petit cylindre qui, au moment où il se soulève, est, par une disposition spéciale, animé d'un mouvement de rotation contraire à celui de la roue des types. L'impression a donc lieu, comme l'envoi du courant, sans aucun arrêt des rouages.

La fig. 15 est une vue d'ensemble de l'appareil; la fig. 16 en est une projection horizontale.

La roue Z reçoit directement le mouvement du moteur, et le transmet par les mobiles 1, 2 et 3 à l'axe D de la roue des types, à l'arbre vertical du chariot et à l'axe imprimeur P. Tous les axes des rouages sont supportés par un seul bâtis.

En avant se trouve le clavier portant sur chaque touche une des lettres de l'alphabet; elles sont liées par des leviers à des goujons disposés circulairement sous le disque N et font lever. *g* est le chariot, H la roue des types, F la roue correctrice, R le cylindre

imprimeur ou marteau, A l'électro-aimant, T' un commutateur qui sert à modifier la communication, quelles on attache les fils de pile, le fil de ligne et *l* fil de terre.

Fig. 15.

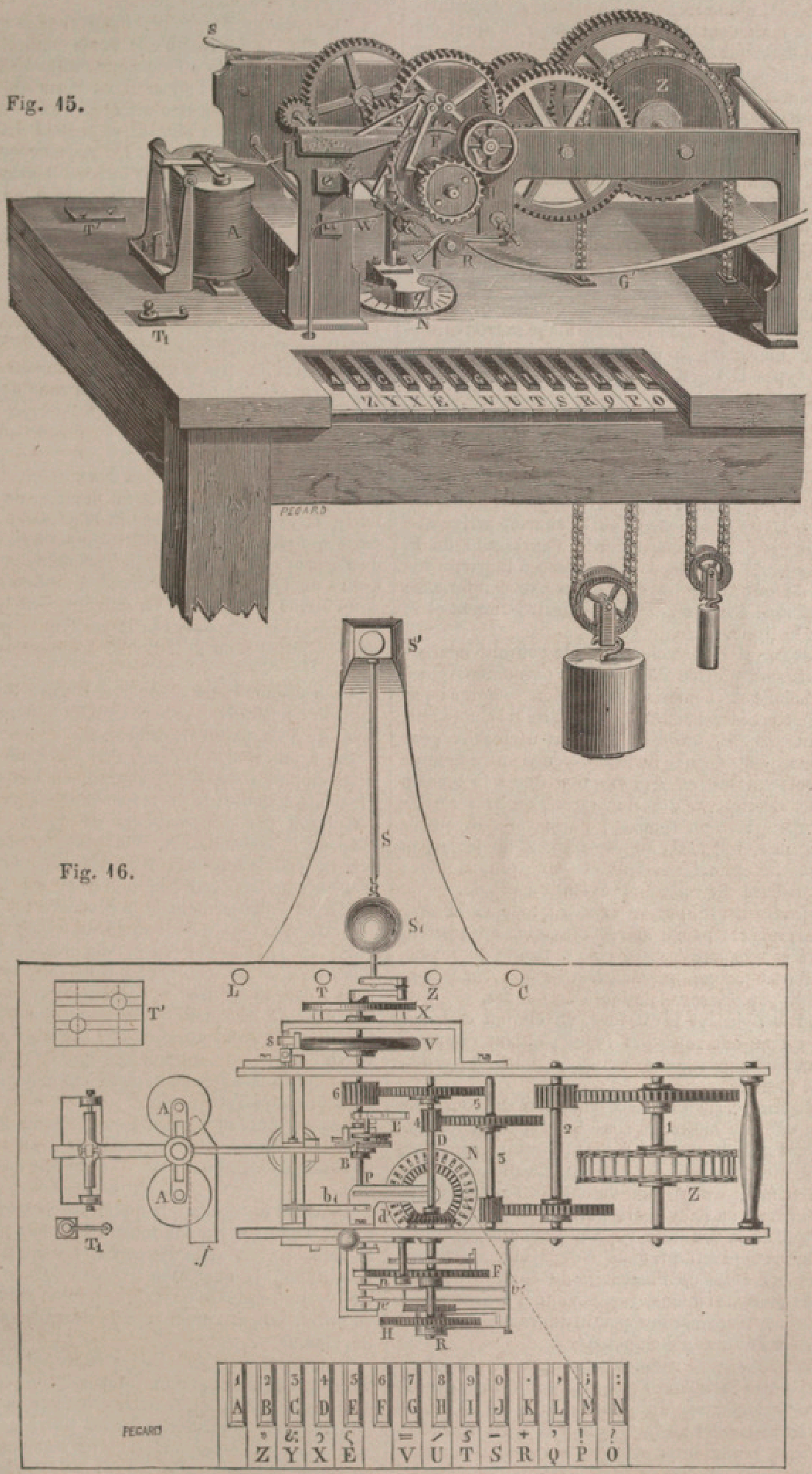


Fig. 16.

T, un interrupteur qui permet de couper la communication avec la ligne. Z, C, T sont les bornes aux-

Nous devons renvoyer au bel ouvrage de M. Blavier les lecteurs désireux de connaître, dans tous leurs

détails, la disposition des diverses pièces de cet appareil, toutes si ingénieusement disposées pour atteindre le but proposé, d'une très-grande vitesse de transmission; nous nous contenterons de donner, d'après cet auteur, la description de la marche de l'appareil, ce qui fera bien comprendre le rôle rempli par chacune des différentes pièces.

Marche de l'appareil. — Concevons deux appareils semblables, éloignés l'un de l'autre, reliés par un fil conducteur, et supposons qu'on soit parvenu à rendre leurs mouvements à peu près synchroniques.

Les poids qui font mouvoir les axes des deux appareils ayant été remontés et agissant, l'axe vertical du manipulateur (du chariot *g*) tourne d'un mouvement uniforme, et parcourt, aux deux postes, la circonférence dans le même temps.

A chacun des postes, on a arrêté la roue des types en abaissant une pédale; l'espace blanc se trouve au-dessus du marteau; la partie pleine de l'axe de la roue des types H (montée sur cet axe par un canon creux) tourne seule.

Quant à l'axe imprimeur, la portion antérieure qui porte des cames est immobile; l'autre partie avec le volant V à grande vitesse (700 tours par minute) et le régulateur à lame vibrante SS', tourne rapidement.

L'employé qui veut transmettre appuie d'abord sur la touche, *blanc*. Au moment où le chariot arrive au-dessus du goujon correspondant, l'extrémité de la pièce *g* se soulève, et le courant passe à la partie supérieure de son arbre (séparée de la partie inférieure par une plaque d'ivoire), traverse l'électro-aimant et se rend sur la ligne.

En traversant l'électro-aimant, le courant neutralise l'action attractive de l'aimant permanent placé dans la bobine A (heureuse disposition imaginée par M. Hughes, pour accroître la sensibilité de l'appareil, en faisant que l'intensité du courant nécessaire pour le faire marcher dépende de la différence entre la force attractive antagoniste et la traction due à la tension du ressort de rappel, différence que l'on peut rendre aussi petite que l'on voudra), l'armature, repoussée par le ressort, fait basculer rapidement un levier, et par suite un cliquet agissant sur une roue dentée; l'axe P exécute par suite une révolution rapide.

Le cylindre R est soulevé et vient toucher la roue des types; mais le papier ne reçoit aucune impression, puisque à ce moment l'espace vide se trouve au-dessus. Il retombe et tourne un peu sur lui-même, en faisant avancer le papier, sous l'action d'un cliquet.

Quand le cylindre R est levé, un cliquet embraye en même temps la roue des types pendant l'impression; aussitôt après, elle redevient libre et recommence à tourner.

En résumé, cette première émission du courant a eu pour effet de mettre la roue des types en marche et d'accord avec le chariot, à part un retard constant, dû à ce qu'il s'écoule un petit intervalle de temps entre le moment du passage du chariot sur un goujon soulevé et celui où le cylindre porteur du papier arrive au contact de la roue des types; c'est une constante pour chaque appareil qui dépend de la vitesse relative des axes, et aussi de l'intensité du courant qui fait marcher plus ou moins rapidement l'armature, le fluide ne se transmettant pas instantanément d'une extrémité à l'autre du conducteur.

Si l'on abaisse une seconde touche, celle, par exemple, qui porte la lettre T, le courant est envoyé de nouveau au moment du passage du chariot sur le goujon correspondant à la touche T et traverse l'électro-aimant. L'axe imprimeur exécute une nouvelle révolution, soulève encore le cylindre porteur du papier; il est évident que le cylindre arrive contre la roue des types au moment même où la lettre T passe au-dessus, puisque le mouvement angulaire du chariot et de la roue des types est le même. La lettre T s'imprime donc et le papier avance.

L'abaissement d'une troisième touche produit le même effet, la lettre qu'elle porte s'imprime également et il en est de même pour toutes les suivantes.

En arrivant dans l'appareil au poste qui reçoit, le courant traverse l'électro-aimant, l'axe vertical, les pièces supérieures du chariot et se rend à la terre par le support de l'axe vertical. Le premier courant produit la mise en marche de la roue des types qui se trouve ainsi d'accord avec le chariot de l'appareil d'où part la transmission.

Le second courant produit par l'abaissement de la touche T, arrivant à son tour, fait de nouveau tourner l'arbre des cames et amène le cylindre imprimeur au contact de la roue des types à l'instant même où T se trouve vis-à-vis, si les deux mouvements sont parfaitement synchroniques.

S'il existe une petite différence, une came vient agir sur la roue correctrice liée à la la roue des types, de manière à amener la lettre T, à l'arrivée comme au départ, exactement dans la verticale, au-dessus du cylindre imprimeur.

Si la différence entre les deux mouvements était telle que, dans l'intervalle du passage du blanc à la lettre T, la roue des types eût avancé ou retardé, au poste qui reçoit, d'une quantité supérieure à la moitié de l'espace qui sépare deux lettres consécutives, c'est-à-dire de 1/56 de tour, la came s'engagerait entre les deux dents précédentes ou suivantes de la roue correctrice, et ce n'est plus la lettre T qui s'imprimerait, mais la lettre S ou la lettre U. L'appareil devrait être réglé.

La troisième lettre s'imprime comme la lettre T, et toute la transmission se reproduit à l'appareil récepteur ainsi qu'à l'appareil transmetteur.

Si, à un moment donné, l'employé qui reçoit veut interrompre, il envoie le courant en abaissant une ou plusieurs touches; le correspondant est averti de l'interruption par l'introduction de signes étrangers et suspend la transmission. On abaisse, aux deux postes, la pédale qui arrête la roue des types, puis la transmission reprend son cours, et est toujours précédée par l'abaissement de la première touche blanche.

Cette manœuvre de l'envoi du signe *blanc*, après l'arrêt de la roue des types, doit précéder toute transmission. Elle est analogue à celle qui, avec les appareils à cadran ordinaires, consiste à ramener à la croix l'aiguille du récepteur et le levier du manipulateur.

Vitesse de transmission. — Lorsqu'un courant traverse l'électro-aimant pendant que l'axe des cames et la plaque d'échappement sont en mouvement, il ne peut produire aucun effet.

Les courants successifs, envoyés pendant une transmission, doivent donc se succéder à un intervalle au moins égal à celui de la durée complète de l'axe imprimeur.

Dans les appareils tels qu'on les construit actuellement, l'axe imprimeur tourne sept fois plus vite que le chariot et la roue des types. Lorsqu'il achève une révolution, le chariot a exécuté 1/7 de tour et se trouve au-dessus du quatrième goujon suivant. Il faut, en outre, un petit arrêt pour le désembrayage de l'axe imprimeur.

Les touches qu'on abaisse successivement doivent donc être séparées par un intervalle de quatre touches au moins. Ainsi, après avoir transmis la lettre A, si l'on abaissait immédiatement les touches B, C, D ou E, les lettres correspondantes ne seraient pas imprimées sur le papier. La première lettre qu'on puisse transmettre après A est F, après F la lettre K et ainsi de suite

Si, après la lettre A, on devait transmettre l'une des quatre suivantes B, C ou D, E, il faudrait attendre que le chariot eût dépassé ces lettres pour qu'il ne pût rencontrer le chariot rencontré qu'au tour suivant.

Chaque mot exige donc pour être transmis un nombre minimum de tours de chariot.

Le mot télégraphie exige huit tours :

1er tour.... *t*; 2e tour... *é*, *l*; 3e tour *é*; 4e tour, *g*, *r*; 5e tour, *a*, *p*; 6e tour... *h*; 7e tour... *i*; 8e tour.. *e*.

L'habileté de l'employé consiste à ne jamais laisser passer le chariot sans transmettre une nouvelle lettre, toutes les fois qu'il est possible. Non-seulement on transmet ainsi plus rapidement, mais encore l'appareil fonctionne mieux, les deux mouvements n'étant jamais absolument synchroniques. Autrement, les légères différences de mouvement, insensibles pour une petite fraction de tour, s'accumulent, et leur somme qui représente l'écart de position des deux roues des types, est d'autant plus grande que le temps qui s'écoule entre deux impressions est plus long.

La came correctrice qui rétablit l'accord éprouve d'autant plus de résistance que les impressions se succèdent à de plus grands intervalles, et elle produit des secousses nuisibles qui usent les organes de l'instrument.

La roue des types ne peut, en effet, tourner sur son axe qu'à l'aide d'un effort considérable, étant montée à frottement dur (à l'aide d'un cuir) sur l'axe et serrée entre deux plaques. Il importe sauf le cas de l'action de la came correctrice, qu'elle ne puisse se déplacer sur l'axe.

En résumé, la vitesse de transmission que l'on obtient avec l'appareil Hughes, grâce à la rapidité et à la continuité de son mouvement, dépasse de beaucoup celle qu'on peut obtenir avec les autres appareils. Sur les lignes de 400 à 500 kilomètres, il permet de transmettre aisément 55 à 60 dépêches de 20 mots en moyenne par heure, à condition que le travail soit continu et que l'ordre des transmissions soit rarement changé. Dans les mêmes conditions, on en obtient à peine 35 à 40 avec l'appareil Morse, et 20 ou 25 au plus avec des appareils à cadran ou des appareils imprimeurs à échappement.

TÉLÉGRAPHE ÉLECTRO-CHIMIQUE DE BAIN. L'appareil électro-chimique de Bain a été le premier employé d'une série toute particulière d'appareils.

Il ne comporte pas d'électro-aimant; le rouage sert à faire dérouler une bande de papier.

Ce télégraphe est fondé sur ce principe qu'un courant électrique décompose un sel métallique, en faisant reparaître au pôle négatif un produit coloré.

Soient F une bande de papier (fig. 47) imprégnée d'iodure de potassium, par exemple, R un rouleau

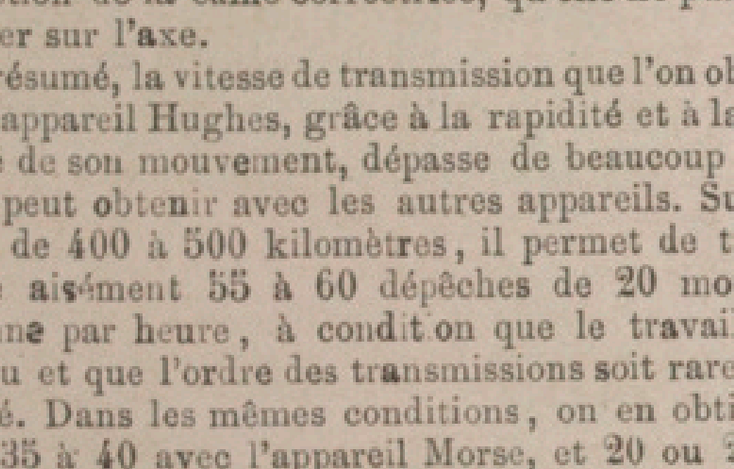


Fig. 47.

métallique sur lequel elle passe.

P, le pôle négatif d'une pile qui, au moyen d'un ressort, presse sur le papier.

P', le pôle positif.

Et supposons que dans le circuit se trouve intercalée la clef.

Tant que le circuit ne sera pas fermé, le papier ne changera pas de couleur; mais du moment que l'on établira un contact, une marque noire paraîtra aussitôt sur le papier, et la longueur de la marque dépendra du temps qu'on aura laissé le circuit fermé. Dès lors on voit que l'on fera un point en ne faisant que frapper, et un trait en restant un instant sur la clef; on pourra, par conséquent, former les signaux de la même manière qu'avec le télégraphe de Morse.

Pour obtenir rapidement la transmission de longues dépêches, Bain change le mode d'envoi ou de manipulation; ce n'est plus la main d'un employé qui fait les signaux, ils sont envoyés par une machine sur laquelle ils ont été préalablement disposés.

Pour cela, il découpe dans une bande de papier des trous ronds et d'autres longs; ils sont groupés de la même manière que les signaux formés de points et de traits.

Si donc l'on pose cette bande de papier, ainsi percée, sur un cylindre métallique, et que la bande imprégnée d'une dissolution soit aussi placée sur un cylindre en cuivre, si sur cette bande on fait appuyer un ressort en métal, et qu'alors on fasse glisser la bande de papier, il arrivera que lorsqu'un trou passera sous le ressort, celui-ci touchera le cylindre: quand ce sera un espace sans trou, le ressort en sera séparé; un autre trou long venant à se placer sous le ressort, celui-ci sera de nouveau en contact avec le cylindre, et d'autant plus longtemps que l'ouverture sera plus longue, et ainsi de suite.

Ceci compris, mettons les deux appareils qui portent, l'un la bande de papier chimique, l'autre celle découpée, dans le même circuit d'une pile. Ce circuit sera fermé quand une ouverture passera sous le ressort, il y aura une marque noire sur le papier chimique; un espace non découpé arrivant, le circuit est ouvert, la dissolution n'est pas décomposée, il n'y a point de marque noire; ainsi on aura sur la bande de papier chimique autant de marques qu'il y aura de trous dans la bande découpée, et ces marques devront avoir entre elles les mêmes proportions de grandeur que celles de la bande percée.

Il faut donc avoir un découpoir pour préparer la dépêche à envoyer, puis on la roule sur un cylindre et on la porte sur une machine qui la déroule, en la faisant passer rapidement entre un cylindre et un ressort.

Par ce moyen, Bain espérait envoyer beaucoup plus de signaux dans un temps donné qu'avec les autres télégraphes, mais l'attente de l'auteur est loin d'avoir été justifiée, la netteté des signes était insuffisante pour les grandes lignes. Aussi ce système a-t-il été abandonné.

TÉLÉGRAPHE CASELLI. Le pantélégraphe Caselli est électro-chimique, et combiné en vue de transmettre non pas des signes conventionnels, mais l'écriture même de l'expéditeur. La dépêche écrite par l'expéditionnaire est directement placée sur le pantélégraphe, et se produit à la station d'arrivée. Vous écrivez quelques lignes à Paris, vous dessinez un portrait, un plan; quelques minutes après, les lignes, le portrait, le plan sont reproduits avec la plus scrupuleuse fidélité.

Pour comprendre comment cet effet se produit, il suffit de savoir qu'à la station de départ se trouve une pointe métallique assujettie à parcourir de droite à gauche, suivant des lignes parallèles successives, une surface convexe horizontale sur laquelle est disposé un papier métallique sur la surface duquel la dépêche à reproduire est écrite à l'encre ordinaire épaissie, qui n'est pas conductrice. Cette pointe, en rayant successivement toutes les parties de la surface passera inévitablement sur chacun des points de la dépêche. Sup-

posons donc à la station d'arrivée une pointe semblable parcourant en même temps et avec une régularité identique la même surface recouverte d'un papier chimique, trempé dans un bain formé de cyano-ferrure jaune de potassium et d'un peu de nitrate d'ammoniaque qui assure l'humidité du papier; chaque fois que la première pointe rencontre l'encre de la dépêche un courant passe dans la seconde pointe et produit sur le papier une coloration par la pointe en fer qui engendre du bleu de Prusse. Chacune des lignes de la dépêche se reproduit ainsi sur le papier chimique à mesure que la pointe balaye sa surface.

On sait qu'il faut un certain temps pour qu'une ligne télégraphique se décharge, donc la pointe ne sera plus sur l'encre à la station de départ que néanmoins l'action électrique se continuant à l'arrivée prolongera la coloration du papier, d'où des bavures qui, en s'entre-croisant, rendront l'épreuve illisible. En outre, il faut que les deux pointes marchent rigoureusement de la même façon de part et d'autre, que l'une n'avance pas ou ne retarde pas un peu sur l'autre? Tels sont, en effet, les deux obstacles contre lesquels étaient toujours venues échouer les nombreuses tentatives faites jusqu'ici pour réaliser la télégraphie autographique, dont la possibilité avait été entrevue dès l'origine de la télégraphie électrique, et dont M. Bakwert avait montré un premier essai à l'Exposition de Londres en 1851. M. Caselli a levé l'un aussi bien que l'autre avec un rare bonheur.

Voici comment il est arrivé à décharger instantanément la ligne au poste de réception, tout en la laissant chargée sur le parcours. Le fil de ligne communique avec la terre à ses deux extrémités. Une pile Daniell, dont le nombre d'éléments peut varier de 150 à 80 pour une distance comme de Paris à Lyon, charge la ligne d'une manière permanente. Au delà de la pile et dans la station même de départ, l'inventeur embranche un fil qu'il met en communication avec la terre. Tout le courant s'échapperait donc par cette dérivation qui n'oppose aucune résistance en comparaison du fil de ligne, si l'on n'avait soin de placer dans le circuit une résistance suffisante, un rhéostat qui règle, pour ainsi dire, la dépense d'électricité. Un cinquième environ du courant continue à parcourir le fil de ligne ; les autres quatre cinquièmes passent dans cet embranchement. C'est dans ce petit circuit que l'on place l'appareil télégraphique. Le courant arrive par la pointe et continue sa route par le papier argenté qui recouvre la surface cylindrique. Voici pour le poste de départ.

Au poste d'arrivée, la pointe en communication avec le fil de ligne reçoit constamment le courant; elle produirait donc une coloration continue sur le papier chimique ; mais une petite pile de quelques éléments interposés dans le circuit envoie un courant inverse qui neutralise et au delà l'action électrique de la ligne. Admettons maintenant que les pointes au poste de transmission et de réception soient mises en mouvement et parcourent le papier argenté d'une part, le papier chimique de l'autre. Chaque fois que la première passera sur de l'encre, elle créera par cela même une résistance au courant dérivé de la station; l'électricité, comme refoulée, ne pouvant plus s'échapper par la dérivatiou du fil supplémentaire, passera dans le fil de ligne, et cette augmentation d'intensité sera accusée dans la pointe du poste d'arrivée par une coloration du papier. La pointe vient-elle à quitter l'encre, la faible augmentation d'intensité de la ligne sera aussitôt déchargée au poste d'arrivée, et le reste du courant du nouveau équilibré par la petite pile accessoire.

Disons comment M. Caselli parvient à rendre rigoureusement solidaires les mouvements de ses deux pointes aux deux stations. C'est ce que fera bien comprendre la description de l'appareil.

Le pantélégraphe se compose simplement d'un long pendule de 2 mètres de longueur (fig. 18) terminé à

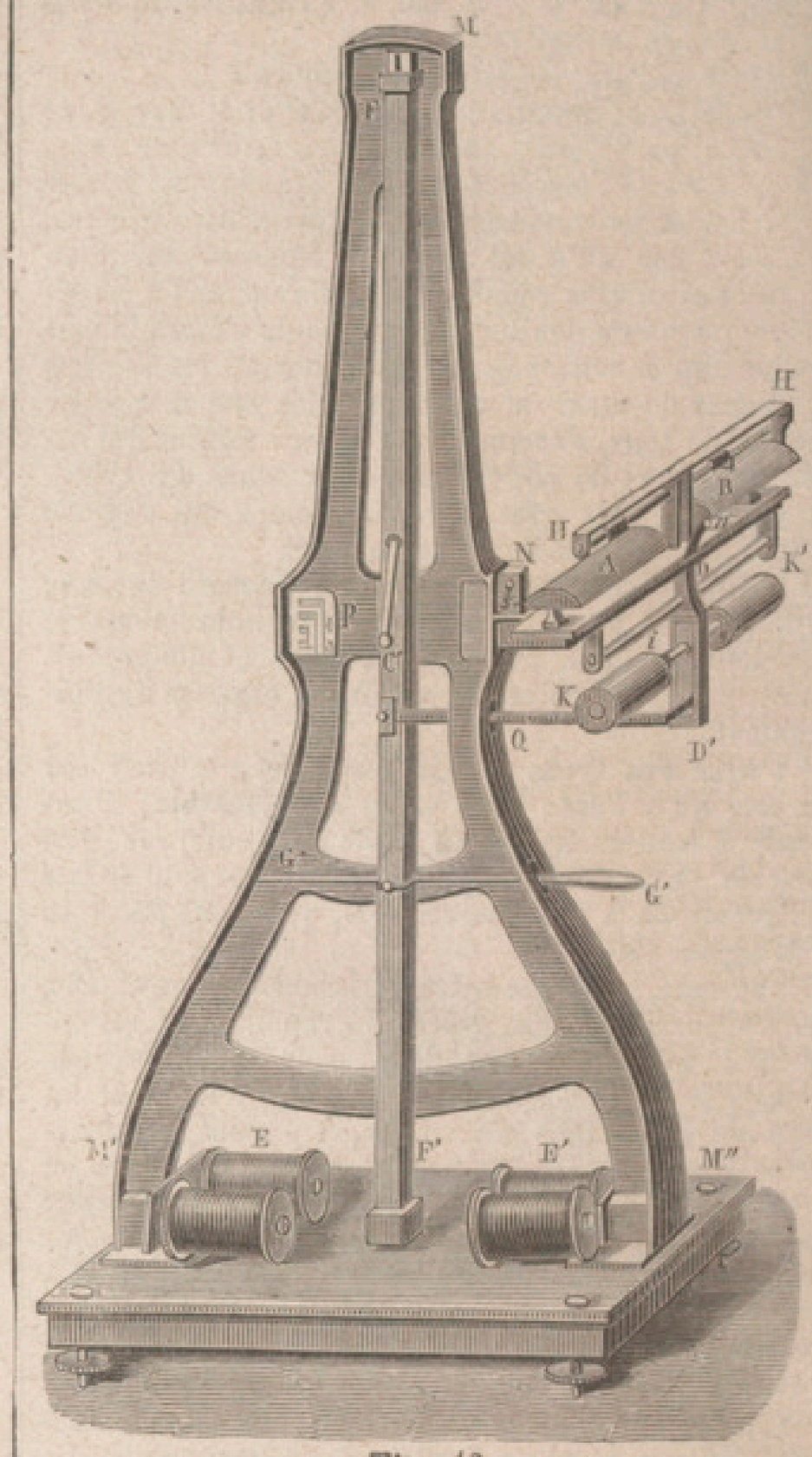


Fig. 18.

sa partie inférieure par une lourde lentille assujettie à se mouvoir entre deux électro-aimants qui ont pour fonction de commander la marche du pendule. Elles s'aimantent et se désaimantent à chaque oscillation, et retiennent la lentille pendant une fraction de seconde. Celle-ci tombe ensuite, remonte jusqu'à la bobine opposée, en vertu de sa hauteur de chute, puis retombe, et les oscillations se perpétuent ainsi. Vers

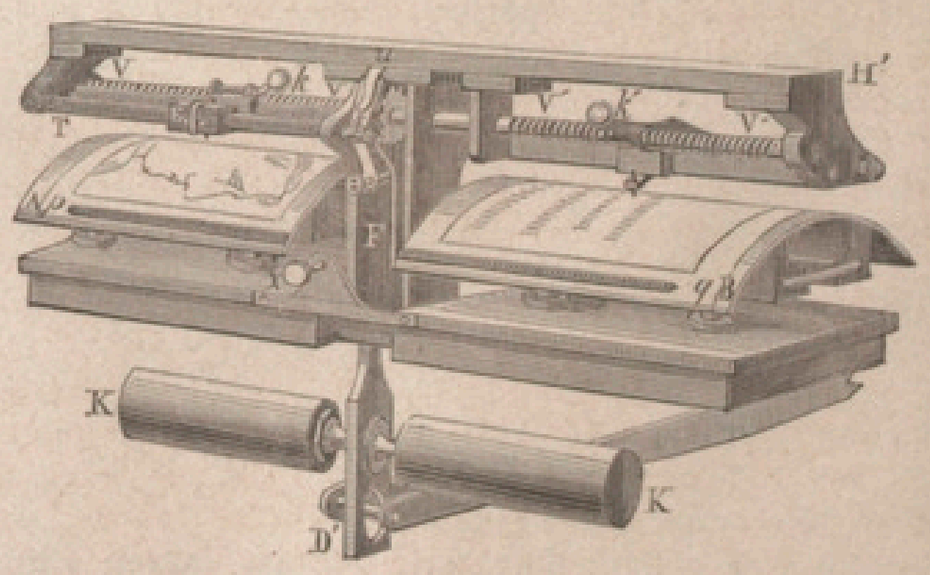


Fig. 19.

le milieu de la tige du pendule est fixée une bielle horizontale *g* reliée par son extrémité à la partie infé-

TÉLÉGRAPHIE.

rieure d'un petit bras de levier vertical *h*, qui supporte le stylet; au-dessous et en contact se trouve la surface cylindrique sur laquelle on place le papier de la dépêche comme sur un pupitre (fig. 19). Le mouvement de va-et-vient du pendule entraîne la bielle et oblige le bras du levier, et, par suite, la pointe à s'avancer successivement de droite à gauche et de gauche à droite, en s'appuyant constamment sur le papier. Le stylet parcourt ainsi toute la surface dans le sens transversal; en même temps, et à chaque oscillation du pendule, une vis sans fin, commandée par un encliquetage, fait avancer le stylet d'une fraction de millimètre dans le sens perpendiculaire. La dépêche est donc ainsi parcourue par une série de lignes extrêmement fines.

A la gauche du pendule on place une petite bielle comme à sa droite, commandant le mouvement de va-et-vient et l'avancement d'une seconde pointe; chaque instrument est double; on utilise donc l'oscillation du pendule dans chaque sens, ce qui permet d'envoyer ou de recevoir à la fois deux dépêches distinctes.

Pour faire marcher rigoureusement, en même temps, les pointes à la station de départ et d'arrivée, il suffit d'obtenir le synchronisme des pendules moteurs, ou l'aimantation simultanée des électro-aimants. M. Caselli parvient à ce résultat à l'aide de deux horloges régulatrices, dont le pendule vient à chaque oscillation faire naître un contact qui détermine le passage du courant d'une petite pile locale à travers les électro-aimants qui actionnent le grand pendule du pantélégraphe. On conçoit de suite que si l'on arrive à faire fonctionner simultanément ces horloges, le balancier, à chaque oscillation, pourra envoyer ou interrompre le courant dans les bobines et déterminer le synchronisme des pendules moteurs. Or, il est facile de s'apercevoir que les deux horloges ne sont pas d'accord, en transmettant une large ligne droite tracée suivant une génératrice du cylindre de départ. Si les appareils ne sont pas d'accord, la ligne transmise sera placée obliquement aux génératrices; donc, pour assurer le synchronisme des horloges, la question est simplement ramenée à retarder ou avancer l'une d'elles jusqu'à ce que la ligne apparaisse droite; ce qui s'obtient à l'aide d'une vis agissant sur un petit ressort placé à la droite du balancier.

S'agit-il d'envoyer de Paris à Lyon, une dépêche, un plan, de la musique, écrivez sur le papier métallisé et placez ce papier sur la surface du pupitre du pantélégraphe. Faites jouer la sonnerie pour prévenir que l'appareil va se mettre en marche et laissez osciller le pendule; la pointe va parcourir le papier. A Lyon, le pendule se met en mouvement, et le stylet se promène sur le papier chimique. Des points apparaissent çà et là, puis des lignes, des commencements de lettres qui naissent à mesure que la pointe avance; enfin les traits se coordonnent et la dépêche est entièrement reproduite sans le secours de la main de l'homme. On peut voir ainsi sur le pupitre de droite et de gauche du pantélégraphe se dessiner, peu à peu, comme par magie, de ce côté des mots, de celui-ci un paysage, un portrait : on voit, en un mot, tout dessin se décalquer de lui-même, à des centaines de lieues de distance.

Sur la ligne de Paris à Lyon, dont la longueur est de 500 kilomètres, le stylet parcourant une longueur de 111 millimètres en 2/3 de seconde, des traits de 1 millimètre et même 1/2 millimètre se reproduisent assez nettement. La durée du contact dans ces conditions est d'environ 1/333 ou $0^s,003$.

On transmet avec l'appareil Caselli, régulièrement, 30 dépêches de 20 mots à l'heure, et, dans certaines conditions exceptionnelles, on a pu arriver jusqu'à 60 à l'heure.

Télégraphe Meyer. Malgré l'ingéniosité de ces appareils, ils ont été abandonnés, la transmission devenant défectueuse pour papier trop humide, pour une pile trop forte ou trop faible; les signes cessent d'être distincts. L'appareil Meyer remédie à cet inconvénient.

Il se compose essentiellement de deux parties : d'une part, de mécanismes d'horlogerie à mouvement continu, placés aux stations d'arrivée et de départ, et dont la fonction est d'établir, entre les mouvements des appareils d'expédition et de réception, un synchronisme rigoureux, qui est nécessaire pour que les traits de la dépêche ne soient pas déformés; d'autre part, des appareils de départ et d'arrivée nécessaires pour la transmission.

Le mouvement d'horlogerie, mû par un poids, est modéré par un pendule conique très lourd, qui porte sur la même tige une masse réglante, commandée par un petit treuil placé au-dessus du point de suspension, et au moyen de laquelle on peut régler à volonté la puissance de cet organe. L'impulsion est donnée au pendule conique par une fourchette tournante, qui emboîte une tige en prolongement de l'axe de la suspension et au-dessous de la boule. Comme des révolutions d'amplitude plus ou moins grande seraient de durée différente, on a suspendu la boule du balancier à un ressort à boudin, dont la puissance et la forme sont telles, que le pendule, dont la longueur se règle ainsi automatiquement, conserve des révolutions de même durée. Enfin, à chaque arrêt de la transmission, les deux appareils se remettent d'eux-mêmes au même point, ce qui empêche que les très petites erreurs de synchronisme ne puissent s'accumuler et ne brouillent les dépêches.

Le mécanisme du départ pour la transmission se compose d'un cylindre isolant, sur lequel est enroulé le papier métallisé qui porte la dépêche écrite avec une encre non conductrice. La surface de cette dépêche est frottée continuellement par un pinceau de fils métalliques qui est en communication avec le pôle positif de la pile de ligne, et en même temps par une pointe métallique, isolée relativement à ce pinceau, mais en communication permanente avec la terre pendant le mouvement de rotation du cylindre. On voit, par là, que le courant passe par la surface métallique du papier et, par conséquent, est interrompu sur la ligne, toutes les fois que la pointe est sur le métal, et qu'il est, au contraire, fermé sur la dépêche et dès lors lancé sur la ligne, quand la pointe se trouve placée sur un caractère écrit avec de l'encre non conductrice. Ce système fournit donc une émission subite sur la ligne dès que la pointe touche l'écriture, et une interruption, au contraire, quand elle retombe sur le papier métallisé. Cette pointe avance d'ailleurs de 1/4 de millimètre à chaque tour du cylindre.

Le mécanisme de réception se compose d'un mouvement d'horlogerie dont la vitesse est réglée par un pendule isochrone avec l'horloge du départ; et qui entraîne continuellement une bande de papier en lui faisant faire un pli vif sur l'arête aiguë d'un petit châssis léger. Devant cette arête tourne d'un mouvement continu, mû par le même moteur, un cylindre portant une forte nervure spirale, laquelle n'a qu'une seule spire, pour la longueur entière du cylindre, et se charge d'encre en s'appuyant contre un tampon d'encrage. Si on maintient l'arête du châssis, chargé du papier, en contact avec la nervure, celle-ci y tracera, en se déroulant, une ligne droite transversale de toute la largeur du papier; si ce châssis, qui est à bascule, ne fait que toucher en un point la nervure et s'en éloigne immédiatement après, la feuille de papier recevra une marque, un point noir, et le reste de la ligne transversale demeurera en blanc.

Le courant électrique détermine ce mouvement du châssis, quand la station du départ le lance sur la ligne au passage de la pointe sur un des caractères isolants de

la dépêche. Ce courant, à son arrivée, met en jeu, par un relais, une pile locale; cette pile produit instantanément le mouvement de bascule du châssis qui fait appuyer un point du papier contre la nervure hélicoïde encrée; elle fait ainsi tracer un des points de la lettre de la dépêche transmise. Une révolution nouvelle des cylindres tracera de même, l'instant d'après, un autre point de la même lettre et on aura ainsi les signes semblables à ceux de l'appareil du départ.

Télégraphe Baudot. Il fonctionne avec cinq touches et la dépêche est imprimée en lettres.

Comment, avec cinq touches, dit M. Hement auquel nous empruntons cette description, arriver à reproduire toutes les lettres de l'alphabet? Cela est facile en formant des combinaisons: ainsi, par exemple, la troisième touche répond à la lettre *a*, la quatrième a *e*, la cinquième à *y*. Appuie-t-on sur les trois touches en même temps, on obtient *o*, et, sur deux de ces mêmes touches, on obtient *é*, *i* ou *u* suivant les touches qu'on a attaquées. Quant aux consonnes, elles résultent des combinaisons de la première ou de la seconde touche ou des deux avec les trois autres. On parvient ainsi à réaliser trente et une combinaisons.

Le distributeur est divisé comme le Meyer en quatre ou six secteurs, répondant à autant d'opérateurs et de transmissions. Chaque secteur, à son tour, se décompose en cinq parties répondant aux cinq touches. Ceci, à la station de départ.

Chaque fois qu'on appuie sur une touche, le courant traverse, à la station d'arrivée, un électro-aimant dont l'armature est mise en mouvement. Il y a un électro-aimant répondant à chaque touche et par conséquent cinq électro-aimants. Toutes les combinaisons faites à l'aide des touches au départ sont reproduites, à l'arrivée, par les armatures. Appuyez sur la troisième touche au départ, et voyez, à l'arrivée, la troisième armature mise en mouvement. Vous avez transmis *a*. On pourrait donc lire les signaux comme on fait quand on emploie le télégraphe à cadran, mais M. Baudot préfère avec raison imprimer, et imprimer en caractères typographiques romains, que tout le monde peut lire. En outre, la dépêche est imprimée en même temps au départ et à l'arrivée. L'employé se contrôle ainsi lui-même.

Ce remarquable appareil, délicat, ingénieux, précis, fonctionne comme un être intelligent. Il a pour lui tous les avantages: facile manipulation, commodité de lecture, contrôle incessant, sécurité et rapidité de transmission.

L'organe, aussi délicat qu'ingénieux, qui permet de transformer les mouvements du clavier au départ en impressions de caractères à l'arrivée, est la pièce importante du récepteur. M. Baudot, qui l'a inventée, l'a nommée *Combinateur*. Il occupe la partie supérieure de l'appareil. Il se compose de deux pièces, un disque horizontal fixe, et une tige également horizontale mobile, et tournant autour du centre du disque comme une aiguille d'horloge qui tourne sur son cadran. Les extrémités de cette pièce sont supportées par un cadre métallique en laiton formé d'une partie circulaire et de pièces transversales. C'est le cadre qui, en tournant, entraîne la tige avec lui. Cette tige porte cinq petites brosses métalliques de quelques millimètres de long et de large, fixées perpendiculairement à la tige et frottant sur le disque fixe pendant la rotation. Aussi, les nomme-t-on des *Frotteurs*.

Le disque porte dix petits rails circulaires concentriques et en saillie qui laissent entre eux dix intervalles ou dix voies. Les frotteurs dans leur marche circulaire parcourent cinq de ces voies sur les dix. Le premier frotteur peut occuper l'une ou l'autre des deux premières voies, le second frotteur, la troisième ou la quatrième, et ainsi de suite. Il suffit d'un très léger déplacement, car la distance de deux rails consécutifs n'est guère que de quelques millimètres. Pour faire passer le frotteur d'une des voies dans l'autre, il existe une pièce mobile analogue aux aiguilles des chemins de fer, qui peut se déplacer de la largeur d'une voie et qui est mise en mouvement par l'armature de l'électro-aimant.

Si les espaces compris entre les rails étaient d'une profondeur uniforme, dans toute leur étendue, les cinq frotteurs se trouveraient constamment sur un même plan horizontal. Si, au contraire, la profondeur varie, si en un point elle est plus profonde qu'en un autre, le frotteur qui parcourt cet espace serait plus élevé lorsqu'il passerait au-dessus d'une saillie, moins élevé lorsqu'il passerait au-dessus d'un creux, s'il n'était pas solidaire des quatre autres frotteurs dans le mouvement vertical. Or, quand les cinq frotteurs tombent simultanément dans des creux, la pièce qui les porte s'abaisse. Si un ou plusieurs frotteurs reposent sur les saillies, la pièce ne basculera pas. Un seul frotteur se trouvant sur une saillie suffit pour empêcher la chute du système.

La pièce qui porte les frotteurs détermine donc un mouvement de va-et-vient dans le sens vertical qui est destiné à approcher ou à éloigner de la roue, qui porte sur son contour les lettres en relief, le papier sur lequel se fait l'impression. La roue est-elle immobile, la même lettre se trouvera imprimée à chaque mouvement du papier; tourne-t-elle, des lettres différentes se trouveront imprimées. Non seulement elle tourne, mais son mouvement est solidaire de celui des frotteurs. La rotation s'effectue dans le même temps pour les frotteurs et la roue des lettres ou *des types*.

Il ne reste plus qu'à faire chavirer le *porte-frotteurs* au moment où la lettre indiquée à l'aide du clavier se trouve en regard du papier. C'est affaire de combinaisons de creux et de reliefs propres à chaque lettre.

Nous voulons transmettre A, par exemple, qui repond au 3e frotteur. Les cinq frotteurs sont sur les cinq voies de rang impair, quatre sont au-dessus de quatre creux, le cinquième seul est sur un relief. Si le relief se changeait en creux, rien ne retiendrait plus le système et il y aurait chute. Or, chaque frotteur peut s'engager dans deux voies, et, dans la voie adjacente, il existe un creux côte à côte du relief. Appuyons le doigt sur la 3e touche, nous déplaçons la 3e aiguille, lè 3e frotteur passe de la voie qu'il occupe à la voisine, et, par conséquent, d'un relief à un creux, le porte-frotteurs bascule, le papier s'approche de la roue des types disposée de telle sorte qu'elle présente la lettre A au papier.

La lettre imprimée, une pièce de l'appareil remet l'aiguille dans sa première position.

S'agit-il maintenant de transmettre E qui correspond à la touche suivante, — la 4e, — par suite, au 4e électro-aimant et à l'aiguille du 4e frotteur. Les choses sont disposées de telle sorte que le 4e frotteur porte sur un relief et les quatre autres sur des creux. En appuyant sur la 4e touche, nous poussons le 4e frotteur sur la voie adjacente où se trouve un creux côte à côte du relief, et le système chavire, et la lettre E se présente au papier qui vient s'appliquer contre elle.

Il y aura ainsi cinq combinaisons possibles avec un seul relief et quatre creux, le relief unique se trouvant successivement sur chacune des cinq voies et toujours côte à côte d'un creux faisant partie de la voie adjacente. Ces cinq combinaisons se succèdent dans le même ordre que les lettres correspondantes sur la roue des types, car nous avons déjà dit qu'il y a concordance entre la rotation des frotteurs et celle de la roue.

Il ne s'agit que de répartir sur les cinq voies les trente et une combinaisons qu'on peut faire avec cinq

touches ou cinq reliefs combinés un à un, deux à deux, trois à trois, quatre à quatre et cinq à cinq.

APPAREILS A TRANSMISSION RAPIDE. Les ingénieux appareils qui viennent d'être décrits ont pour objet de permettre, à l'aide d'un seul fil de ligne, de transmettre un grand nombre de dépêches et il semblait impossible d'aller au delà, les combinaisons possibles semblaient épuisées, lorsqu'une invention merveilleuse, niée à l'origine comme absolument impossible, le système Duplex (Voy. DUPLEX) a permis de les doubler.

Un savant ingénieur, mort bien jeune, A. Bréguet a résumé les progrès de la télégraphie, au point de vue de la rapidité de la transmission des dépêches, dans une conférence à laquelle nous emprunterons ce qui suit.

Une bande perforée, comme un carton Jacquart, a été employé avec succès par Wheatstone, et remplace le travail de trois hommes.

Pour fonctionner aussi vite sur des lignes un peu longues, le transmetteur Wheatstone présente des complications assez grandes, car il doit maintenir la ligne dans un état convenable de charge; pour cela, chaque émission de courants est suivie d'autres qui ont pour effet de nettoyer la ligne, pour ainsi dire; aussi cet appareil émet-il 2,500 courants par minute, soit plus de 40 courants par seconde.

Une seconde méthode employée pour accroître le rendement d'une ligne consiste à utiliser les intervalles de temps pendant lesquels le fil reste libre dans une transmission, pour y produire d'autres signaux.

Tel est l'appareil inventé par M. Meyer: six employés émettent leurs signaux les uns après les autres; et c'est une disposition automatique qui détermine le tour de chacun d'eux aussi bien pour l'envoi que pour la réception. Voilà donc un procédé qui permet, autant de fois qu'il y a d'employés, d'utiliser une ligne six fois mieux que dans les conditions ordinaires.

Il y a encore d'autres procédés fondés sur des principes bien différents de ceux qui précèdent, pour multiplier le rendement d'une ligne.

M. Elisha Gray, de Chicago, a donné le nom de télégraphe harmonique à un appareil de son invention, qui est employé aux États-Unis à transmettre jusqu'à *huit* dépêches en même temps sur la même ligne; autrement dit : huit manipulateurs actionnent huit récepteurs à travers un même fil, et il n'y a plus ici de courants successifs comme tout à l'heure; on ne profite pas, pour lancer un signal, des instants où la ligne se trouve libre. Les huit transmissions sont absolument indépendantes les unes des autres. Elles peuvent se produire toutes au même moment ou l'une après l'autre, cela n'intéresse en rien le succès du fonctionnement. La chose est assez curieuse pour y insister quelque peu. M. Gray a disposé ses appareils par groupes sympathiques. Un récepteur n'obéit qu'aux seuls signaux de son manipulateur; il n'entend que le langage de ce dernier et reste sourd à

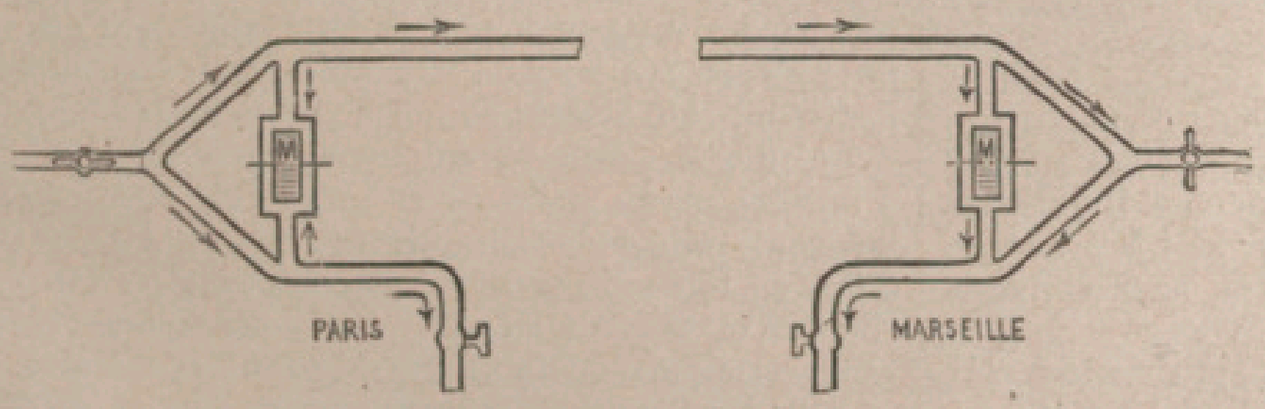


Fig. 20.

celui de tous les autres. Figurez-vous une réunion de six ou huit personnes, parmi lesquelles il se trouve deux Français, deux Anglais, deux Allemands, etc., et supposez que chacune d'elles ne parle et ne comprenne que sa propre langue. Si toutes ces personnes causent à la fois, les Français seront seuls à se comprendre, et de même pour les Anglais, de même pour les Allemands.

Les appareils harmoniques réalisent à peu près ces conditions. Leur principe est fondé sur le phénomène bien connu de la résonnance; ils dépendent chacun de diapasons qui ne vibrent que s'ils y sont sollicités par un diapason identique. Les huit récepteurs contiennent donc huit diapasons différents, mais huit diapasons semblables existent dans les huit manipulateurs. Lorsqu'on envoie un signal, en réalité, c'est une note musicale qui se transmet, et cette note met en branle le diapason qui est seul capable de la produire.

Tous les procédés que je viens de passer en revue ont un lien de parenté qui est celui-ci : la ligne n'est jamais traversée que par des courants émis de la station d'envoi pour aboutir à la station de réception. Autrement dit, on ne transmet *à la fois* sur la ligne que dans un seul sens.

Il peut sembler *à priori* impossible de correspondre *à la fois* dans les deux sens sur la même ligne. C'est pourtant un problème tout à fait résolu aujourd'hui et même tout à fait entré dans la pratique. C'est certainement le perfectionnement le plus merveilleux qui ait été introduit dans la télégraphie depuis son origine.

Ce n'est pas assez en effet de transmettre les dépêches avec rapidité dans une seule direction. Pendant qu'une des stations envoie ses signaux, l'autre station est immobilisée; ses agents et ses appareils de manipulation restent inertes, et c'est là du temps perdu.

On a pu remédier à cet état de choses, et depuis plusieurs années déjà, il n'est pas un câble sous-marin, pas une ligne aérienne un peu longue, dont le conducteur unique ne serve *à la fois* à transmettre les dépêches dans les deux sens opposés.

C'est au docteur Gintl, directeur général des télégraphes autrichiens, que revient l'honneur d'avoir donné, en 1853, la première solution de transmission simultanée, appelée généralement *système Duplex*. La première expérience se fit sur la ligne de Vienne à Prague. La méthode du docteur Gintl présentait d'ailleurs certains inconvénients qui la firent abandonner, et c'est seulement en 1870 qu'une solution vraiment pratique fut présentée par un Américain nommé Stearns.

Pour en faire comprendre la possibilité, c'est d'écoulements d'eau que je vais me servir.

Si le courant d'un fleuve vient de bifurquer à partir d'un certain point de façon à former une île, vous concevez que l'on pourrait creuser une tranchée transversale dans cette île, de telle manière que cette tranchée ne fût le siège d'aucun courant. Un courant ne prend naissance que par une pente, que par une différence de niveau à rétablir. Si les niveaux du fleuve à chaque bout de la tranchée sont à la même hauteur, l'eau de la tranchée sera stagnante, et un moulin qui s'y trouverait ne tournerait pas. Le courant peut varier en amont de l'île, une crue ou une baisse des eaux peut se produire, le moulin n'en sera aucunement affecté. C'est une disposition dont le croquis (fig. 20) donne une idée.

Mais supposez maintenant que le sens du courant soit renversé, que l'écoulement se fasse de droite à gauche au lieu de gauche à droite comme tout à l'heure, la même symétrie n'existera plus; alors le courant supérieur arrivant à la tranchée se partagera entre elle et le premier bras, si bien qu'un courant existera dans la tranchée et que le moulin tournera. Les appareils qui réalisent ces

dispositions, constituent des télégraphes à transmission simultanée en sens opposés.

La condition nécessaire pour réaliser un semblable problème est celle-ci : faire que, lorsque j'envoie un signal de Paris à Marseille, par exemple, ce signal se produise indifféremment lorsque mon correspondant transmet ou ne transmet pas. Autrement dit, son récepteur qui est ici un moulin, ne doit pas être influencé par les courants qu'il émet, mais seulement par ceux que j'émets moi-même. Et comme nos deux stations sont en tout point semblables l'une à l'autre, ce qui sera vrai pour l'une sera vrai pour l'autre.

Je lance donc un courant pendant que le poste opposé (Marseille) est au repos, et son moulin va tourner; j'arrête le courant en fermant un robinet, et son moulin s'arrête.

Il faut maintenant que les mêmes faits se reproduisent pendant que le poste de Marseille enverra lui-même un courant. Mon récepteur subira son influence, mais je ne m'occupe en ce moment que du sien.

Il émet un courant, — et son appareil ne bouge pas, — et c'est moi qui suis maître comme tout à l'heure de le mettre en mouvement et de le stopper.

Mais on va encore plus loin, quatre dépêches, deux dans un sens, deux dans un autre, peuvent parcourir ensemble un même fil.

Ce système, dû à Edison, repose sur la mise en service de deux appareils sensibles seulement aux différences de signe, c'est-à-dire de sens du courant, et d'une autre paire d'appareils qui n'est pas affectée par le signe des courants, mais seulement par leur différence d'intensité.

En résumé, en 1854, le télégraphe à cadran permettait déjà d'envoyer 20 dépêches par heure, c'est-à-dire 500 mots.

Le Morse, employé un peu plus tard, ajoutait encore à cette rapidité. Puis le Hughes donnait un rendement plus que double, c'est-à-dire portait à 1,300 le nombre de mots transmis par heure.

L'appareil automatique de Wheatstone, mis en service il y a seulement quelques années, double encore ce dernier chiffre. Il transmet 2,300 mots de Paris à Marseille. De Paris à Lyon, la distance étant plus courte, ce nombre est de 3,800.

Le télégraphe multiple de M. Meyer et celui de M. Baudot viennent ensuite et portent à 4,500 le nombre de mots transmis sur le même fil.

Enfin, sans même parler de la télégraphie à diapason, les systèmes Duplex viennent presque doubler tous les chiffres que je viens de vous donner, si bien que la même ligne qui rendait 500 mots à l'heure avec le télégraphe à cadran peut en rendre aujourd'hui près de 5,000, c'est-à-dire dix fois plus, avec des appareils Wheatstone disposés en Duplex.

DES LIGNES ÉLECTRIQUES. Nous donnerons ici une courte description des objets employés pour établir une ligne électrique, avec les dessins de ces appareils.

Il y en a deux espèces :

Celles dites aériennes.

Celles dites souterraines.

Les premières sont composées comme suit :

Des poteaux en sapin, plus ou moins élevés suivant les localités, 6 à 9 mètres, placés chacun à 100 mètres de distance, et enfoncés dans le sol de 1 à 2 mètres. Ils sont injectés de sulfate de cuivre, pour éviter la pourriture du bois par l'humidité.

Sur chaque poteau est un petit appareil (fig. 21), qui sert à supporter le fil et à l'isoler; il est en porcelaine et a la forme d'une cloche renversée. Il porte deux oreilles au moyen desquelles on le fixe au poteau avec deux vis.

Dans l'intérieur de la cloche est placé un crochet en fer, maintenu par du soufre.

TÉLÉGRAPHIE.

De kilomètre en kilomètre sont placés des appareils

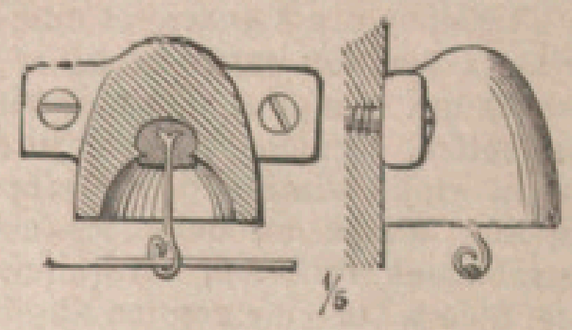


Fig. 21.

pour tendre le fil, appelés tendeurs. Ils sont (fig. 22) en tôle de fer, et, à chaque extrémité il y a un treuil

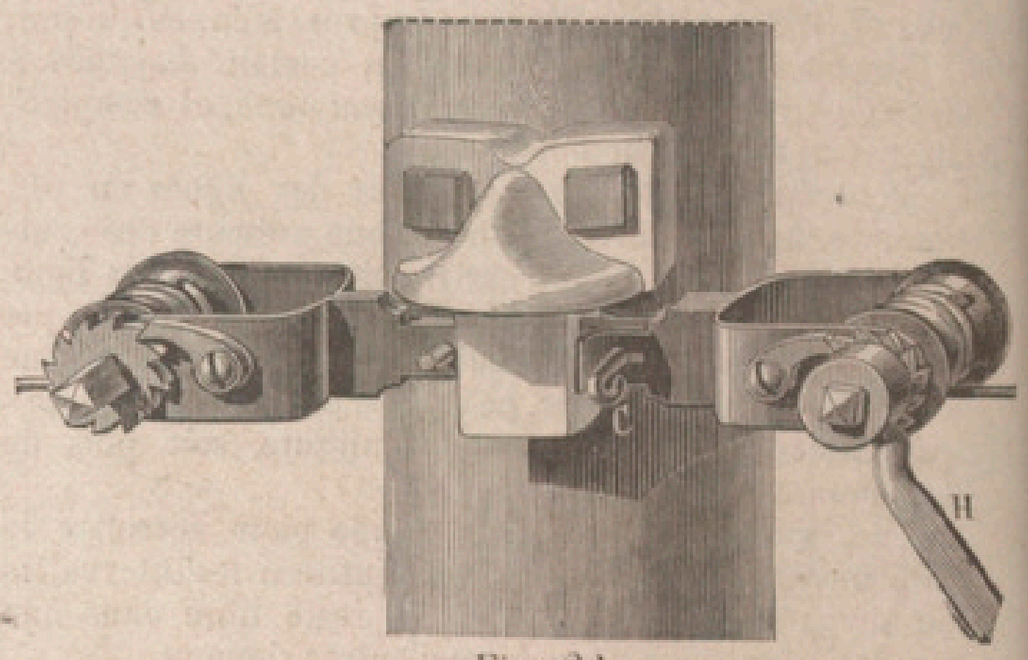


Fig. 22.

avec rochet, que l'on peut tourner de manière à roidir convenablement le fil.

Le milieu est passé dans une pièce en porcelaine et retenu par une cheville. Cette pièce en porcelaine est fixée au poteau par deux forts boulons.

Les cloches, au moyen de leur crochet, servent à supporter le fil à hauteur convenable; et les tendeurs à le tendre suffisamment afin qu'il ne baisse pas trop entre deux poteaux.

Ces supports sont faits en porcelaine afin d'isoler le fil de tous les points où il est attaché, parce que la porcelaine, comme tous les corps vitrifiés, n'est pas conducteur de l'électricité.

Quand le fil passe le long des bâtiments ou qu'il doit y être arrêté, on fait usage de poulies en porcelaine, dans lesquelles on passe le fil en les plaçant de champ (fig. 23), ou bien au moyen desquelles on l'arrête en les mettant à plat et les maintenant par une forte vis; on fait faire un tour au fil, puis on contourne l'extrémité qui revient autour de la partie tendue.

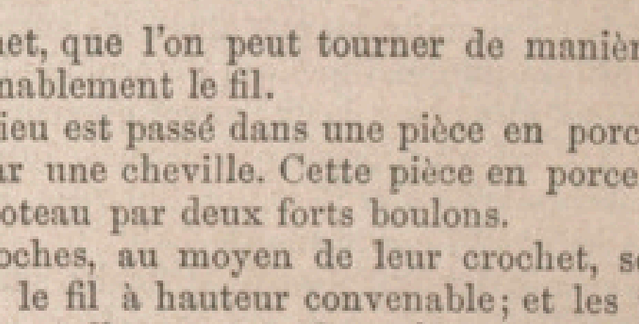


Fig. 23.

Le fil généralement employé est du fil de fer, de 4 millimètres de diamètre et galvanisé. Pour établir une continuité indispensable, les réunions des fils sont faites en tordant ensemble deux extrémités bien découpées et souvent en assurant le contact en entourant cette partie d'un alliage de plomb et d'étain.

Pour les lignes souterraines, on fait usage de fil de cuivre couvert de gutta-percha, que l'on place à $0^m,50$ ou $0^m,60$ dans le sol. Quelquefois ce fil a de plus une couverture en plomb, pour mieux le préserver de l'humidité, si quelques fissures venaient à se faire à l'enveloppe de gutta-percha.

TÉLÉPHONE. Nous avons déjà décrit le téléphone à l'article ACOUSTIQUE, l'admirable invention de G. Bell, et indiqué les anciennes recherches qui l'ont précédé mais qui n'ôtent rien à son mérite; invention si merveilleuse que lorsqu'on annonça en France que l'on avait trouvé le moyen de transmettre la parole à l'aide des fils télégraphiques, l'incrédulité fut universelle. Nous devons compléter cette étude par l'analyse des dispositions adoptées pour l'organisation du service téléphonique dans les grandes villes.

Rappelons d'abord la disposition usuelle du téléphone Bell.

Le téléphone est enfermé dans une boîte de bois, dont la forme extérieure reproduit le profil de l'appareil intérieur (fig. 6), les téléphones transmetteur et récepteur, tous deux semblables, sont reliés l'un à l'autre par les deux fils de la bobine, ou un fil et la terre, de telle sorte qu'il y ait circuit complet, dans le sens télégraphique du mot.

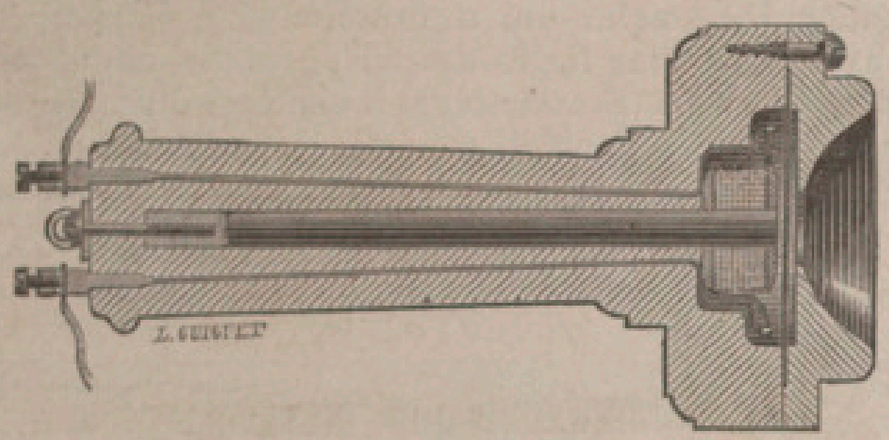


Fig. 6.

On présente à la bouche le transmetteur, et l'on parle dans l'entonnoir, dans l'embouchure, comme on parlerait dans un porte-voix ; la membrane de fer, vibre à l'unisson de tous les sons que produit successivement ou même simultanément la voix ; de ces vibrations, par suite du voisinage de l'aimant, il résulte des courants d'induction dans le fil de la petite bobine qui va reproduire l'aimantation de la première bobine sur la seconde; celle-ci agit à son tour sur la seconde plaque qui reproduit les mêmes paroles plus ou moins affaiblies.

Pour se servir du téléphone il faut parler, en articulant bien les mots, devant l'embouchure du téléphone qu'on tient à la main, pendant que l'auditeur placé à la station correspondante tient contre son oreille l'embouchure du téléphone récepteur. Ces deux appareils composent un circuit fermé avec les deux fils qui les relient, mais un seul suffit pour réaliser complètement la transmission, si l'on a soin de mettre en communication les deux appareils avec la terre, qui, de cette manière, tient lieu de second fil.

On peut faire comprendre comment fonctionne le téléphone et pourquoi, dans sa simplicité, il donne les merveilleux résultats qu'on en obtient.

Si le parleur et l'auditeur étaient dans des pièces contiguës, séparées par une cloison mince, le second entendrait la voix du premier, mais avec un peu d'affaiblissement; il distinguerait le timbre de cette voix et les notes des instruments de musique.

Cela n'a lieu que parce que la seconde surface de la cloison rend le travail de la vibration acoustique à l'air ambiant de seconde pièce, d'où résultent les ondes sonores perçues par l'auditeur.

C'est le même effet que Graham Bell a obtenu à grande distance par la construction du téléphone. Les deux faces de la cloison hypothétique entre les deux interlocuteurs, ont été séparées et transportées à une grande distance l'une de l'autre et l'élasticité de la matière intermédiaire a été remplacée par l'action de deux appareils magnétiques semblables et éprouvant simultanément des variations pareilles. Pour établir cette simultanéité d'état, les deux appareils sont reliés par un fil formant un circuit fermé, dans lequel des courants d'induction transportent instantanément et avec exactitude, toutes les variations d'état de l'un de ces appareils à l'autre.

TÉLÉPHONE.

La grosseur du fil de transmission est favorable à l'extension de la distance à laquelle parvient la parole; de gros fils de cuivre ont donné des résultats remarquables.

Nous avons décrit le téléphone Gower qui accroît les effets du téléphone, mais cette disposition comme plusieurs autres qui ont été imaginées ne permettait d'employer le téléphone que pour des distances assez limitées, lorsque l'ingénieuse invention du microphone est venue beaucoup augmenter la portée de la transmission, agrandir, par l'intervention d'une source extérieure d'électricité, le travail mécanique engendré par la parole.

C'est surtout en multipliant les éléments microphoniques que le service à grande distance a pu être obtenu avec sécurité, et nous décrirons ici le microphone du Hughes et celui d'Ader, les plus usités aujourd'hui.

Microphone Hughes. — Le microphone est en réalité un appareil amplificateur des vibrations mécaniques. Les courants envoyés dans un téléphone récepteur, produisent très souvent des vibrations sonores d'une intensité beaucoup plus grande que la cause qui leur a donné naissance.

L'appareil le plus simple employé par M. Hughes dans ses nombreuses recherches, est représenté fig. 7.

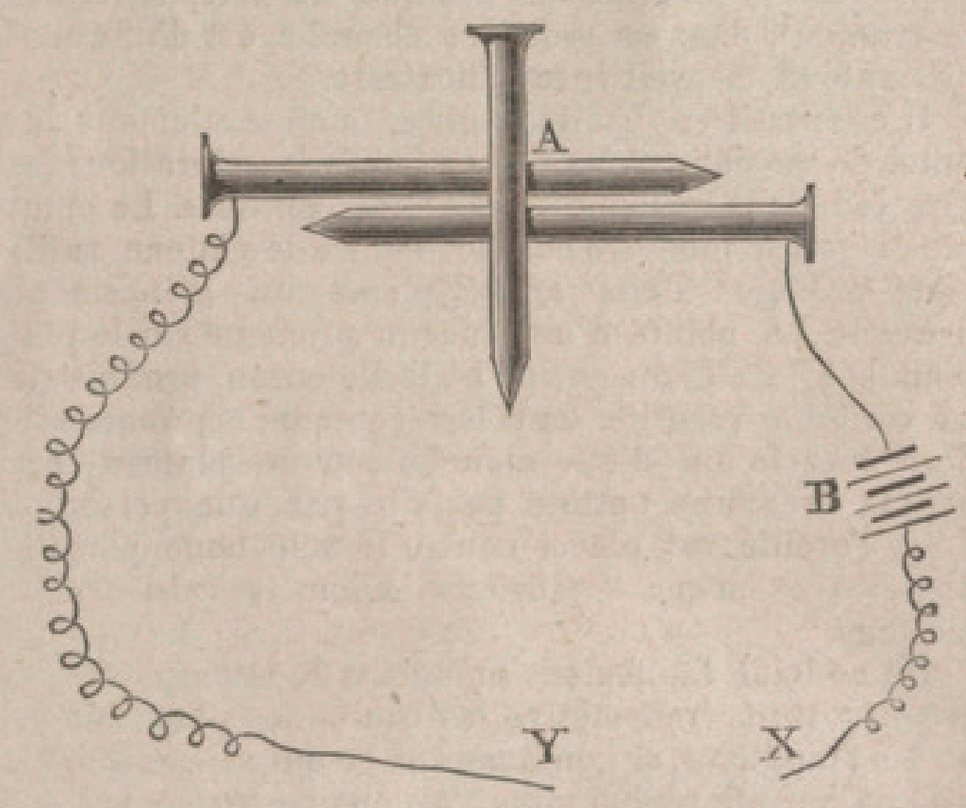


Fig. 7.

Deux clous A sont fixés sur une planchette horizontale, à la distance d'environ un millimètre l'un de l'autre. Les fils X et Y fixés à ces clous conduisent à une pile B et à un téléphone, de sorte que l'intervalle des clous forme la seule interruption dans le circuit. En posant un troisième clou en travers des deux premiers, le courant passe par les points de contact des deux clous qui forment un contact imparfait auquel l'appareil doit toute sa sensibilité, et cet appareil constitue un transmetteur téléphonique parfait. Des paroles dites, des airs chantés à ce petit clou, qui peut danser sur les deux autres au son de l'articulation et de la note émises, sont instantanément transmis au récepteur, à l'autre extrémité de la ligne avec une puissance et une netteté merveilleuses. L'effet produit est encore meilleur avec des baguettes de charbon.

Mais l'appareil le plus sensible que le professeur Hughes ait construit, et qui est resté, sauf des modifications peu importantes, le microphone classique, est représenté figure 8.

Il consiste en un petit crayon de charbon de cornue A terminé en pointe à chacune de ses extrémités ; il est

légèrement soutenu dans une position verticale entre deux godets creusés dans deux petits dés de char-

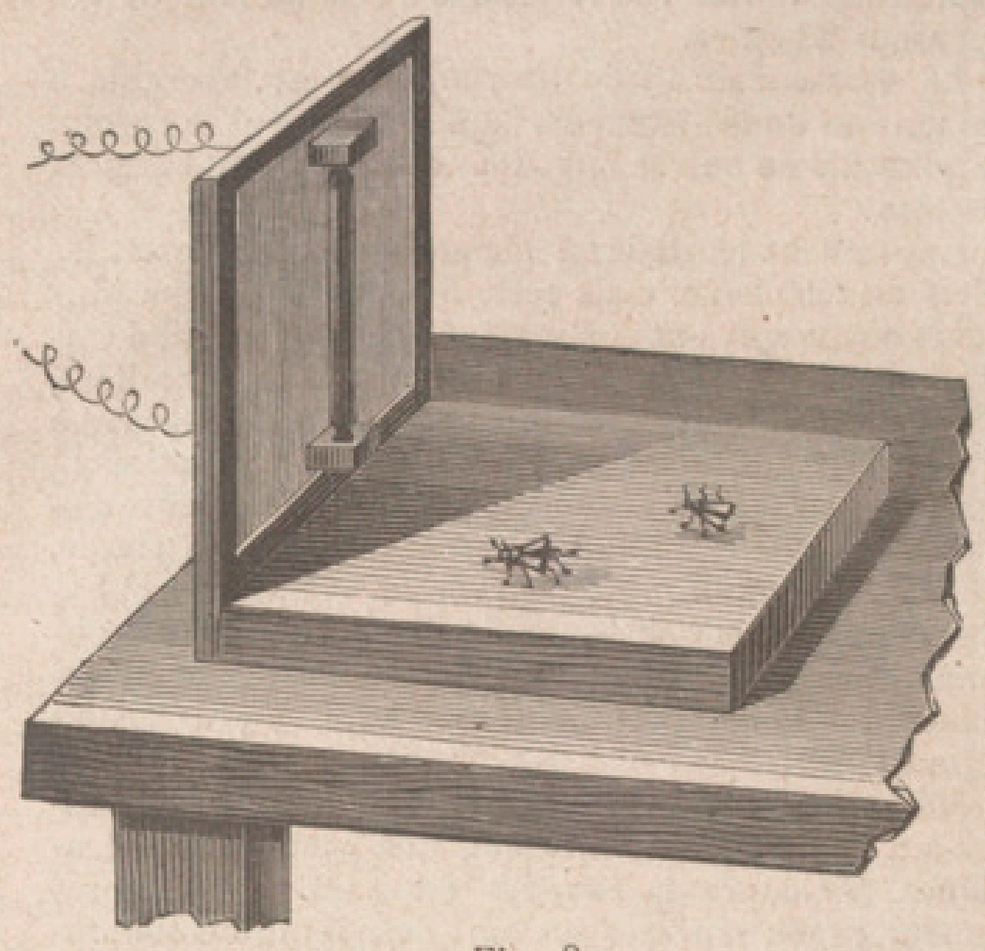


Fig. 8.

bon, fixés contre une table mince d'harmonie posée sur un plateau solide. Ces dés sont reliés à la pile et au fil de ligne qui conduit au téléphone. Cet instrument, dans sa grossière ébauche, est d'une surprenante et merveilleuse délicatesse.

Il convertit en bruits sonores, non seulement les notes de musique et les paroles, mais les vibrations les plus faibles et les bruits même imperceptibles. Le coup plus léger, le moindre contact contre le plateau suffit pour produire dans le téléphone un grincement bruyant. La pointe d'un pinceau promené sur le plateau, la chute d'une petite balle de coton, produisent un véritable vacarme dans le récepteur; la promenade d'un insecte ou d'une mouche sur le plateau, est perçue avec une netteté parfaite par une personne dont l'oreille est placée contre le téléphone placé à distance et même à plusieurs kilomètres du transmetteur.

On conçoit facilement comment le microphone de Hughes peut transmettre les bruits les plus faibles en les amplifiant, si l'on examine ce qui se passe dans un contact microphonique. Prenons par exemple l'insecte marchant sur la planche du microphone (fig. 8).

Chaque pas effectué par l'animal produit un petit mouvement mécanique, qui n'est pas de nature à impressionner l'oreille, mais qui agit sur le contact microphonique, déplace, change les points de contact, ce qui se traduit par des variations d'intensité de courant. Ces petits déplacements mécaniques sont d'autant plus faciles à effectuer que le crayon de charbon est dans un équilibre plus instable, et, en principe, il faut proportionner cette sensibilité à la nature des sons que l'on veut transmettre.

Disons un mot des différences, assez légères du reste, qui caractérisent le transmetteur à charbon d'Edison, inventé en même temps que le microphone de Hughes.

Dans les deux appareils, l'action téléphonique ou microphonique est produite par des variations de résistance électrique résultant des vibrations communiquées au transmetteur.

Dans le téléphone à charbon d'Edison, ces vibrations agissent sur une plaque qui vient exercer des pressions variables sur un disque de charbon peu consistant; dans le microphone de Hughes. les vibrations agissent pour changer les points et les surfaces de contact.

Il y avait donc lieu, à l'origine, de considérer les inventions d'Edison et de Hughes comme deux inventions distinctes autant par les effets produits que par les procédés employés à les produire.

Depuis le transmetteur à charbon d'Edison et le microphone de Hughes, on a imaginé de nombreuses dispositions de transmetteurs téléphoniques se rapprochant plus ou moins de ces inventions originales, sans qu'il soit facile quelquefois de décider duquel ils proviennent.

Le microphone de Crosseley, très employé en Angleterre, se compose de quatre crayons de charbon disposés en losange sur une plaque vibrante horizontale devant laquelle on parle à une certaine distance. Il est employé à Paris concurremment avec le transmetteur Ader.

Transmetteur de M. C. Ader. — Ce microphone est aujourd'hui de beaucoup le plus employé en France. C'est celui qui a fonctionné à l'Exposition pour les auditions théâtrales téléphonique, et qui tend à remplacer les transmetteurs à charbon d'Edison sur le réseau de la Société générale des téléphones. Les figures 9 et 10 le représentent en coupe longitudinale et en vue par-dessous.

Fig. 9.

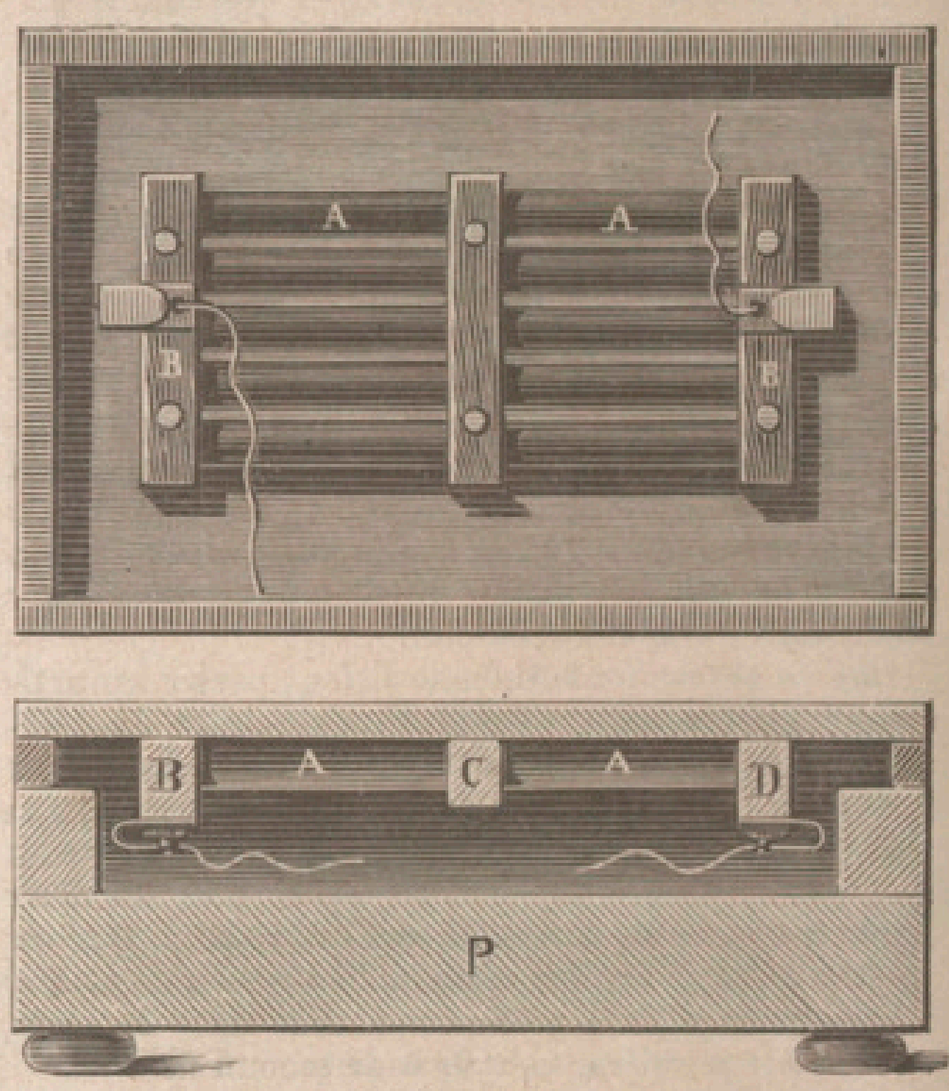


Fig. 10.

Il se compose de dix petits crayons de charbon AA disposés en deux séries de cinq, et s'appuyant par leurs extrémités sur trois traverses' BCD en charbon fixées sur une petite planchette en sapin qui reçoit les vibrations et sert en même temps de couvercle à l'appareil. Il est assujetti sur un socle en plomb P supporté par quatre pieds en caoutchouc, afin d'empêcher les trépidations du plancher de la scène d'arriver jusqu'au transmetteur.

Cette précaution est essentielle, surtout à l'Opéra, où, pendant la danse, le plancher fortement ébranlé produirait dans le système des crachements fort désagréables.

Grâce à la disposition imaginée par M. C. Ader, les secousses s'emmagasinent dans les pieds en caoutchouc, et, à cause de l'inertie de la masse de plomb, ils ne parviennent pas au transmetteur qui n'est alors influencé que par les ondes sonores de l'air.

La description de l'appareil téléphonique reliant l'Opéra au palais des Champs-Elysées, et qui a permis à tant de personnes d'entendre les chanteurs du théâtre en visitant l'exposition d'Electricité, fera bien connaître l'emploi de ces dispositions.

De chaque côté de la boîte où siège le souffleur, on avait fixé cinq planchettes de 1,50 à 2 décimètres carrés, en sapin bien sec, bien mince, bien léger; chacune d'elles portait d'un côté, sur sa face appliquée à la paroi, de petits morceaux de charbon reposant sur d'autres petites barres du même charbon qui appartiennent à la ligne téléphonique.

C'est à ce système transmetteur que venaient, après leurs pérégrinations souterraines, aboutir les fils partis du récepteur que l'auditeur appuyait sur ses oreilles dans un des salons du palais de l'Industrie.

Les vibrations de la voix, les sons des instruments, font vibrer les planchettes, et, agissant sur tous les petits charbons mobiles dans leurs trous, il en résulte des pressions variables avec l'intensité des vibrations.

Service téléphonique. — L'organisation du service téléphonique, dans une grande ville, offre de grandes difficultés à cause de la multitude de fils qu'il exige; un double fil partant des postes des abonnés doit converger vers le bureau central, où ils sont tous groupés en un faisceau, puis dirigés vers les appareils qui doivent établir les communications.

La plupart des lignes téléphoniques, construites dans différents pays, sont des lignes aériennes: à Paris seulement, le réseau est exclusivement souterrain. Au début, on avait commencé à construire des lignes aériennes, mais bien vite on a abandonné ce système de lignes, à cause de ses nombreux inconvénients, et il ne reste aujourd'hui que cent et quelques kilomètres construits au début de l'exploitation. La grande difficulté qu'on a d'obtenir des propriétaires l'autorisation de poser, sur la toiture des maisons, des poteaux et les installations nécessaires pour l'établissement des lignes, a fait abandonner ce système de construction qui est d'un aspect désagréable au-dessus des villes. En Amérique, c'est une véritable toile d'araignée au-dessus de New-York, de Chicago et d'autres villes.

Cependant les lignes téléphoniques aériennes sont employées en France, parce que, dans beaucoup de villes où l'on a établi des réseaux, il est impossible de faire autrement.

Les lignes se construisent avec des fils d'acier de 2 millimètres de diamètre; la charge de rupture de ce fil est de 350 kilogrammes.

Le poids par kilomètre est de 25 kilogrammes. La portée maximum, entre les supports, est de 200 mètres; cette portée a été imposée par l'administration, en vue de la sécurité publique.

La construction des lignes aériennes est très difficile: il faut sceller sur les toitures des maisons des poteaux en fer de $1^{m},50$ à 3 mètres de hauteur. Ces poteaux sont en fer forgé de 4 centimètres de diamètre, avec isolateurs de porcelaine, au nombre de 12, au maximum. Ces isolateurs, si on y fixait directement les fils d'acier, donneraient lieu à des bruits très gênants, car les fils, vibrant sous l'action du vent, rendent des sons de harpe éolienne qui peuvent se transmettre jusque dans les appartements.

Pour éviter cet inconvénient, on est obligé d'interposer à chaque isolateur une sourdine. Elle se compose d'une corde de chanvre placée dans un tube en caoutchouc; aux deux extrémités, il y a deux poulies en porcelaine qui servent d'attaches aux fils, et la partie interrompue de la ligne est remplacée par un fil d'acier plus fin. La sourdine est fixée au cou de la cloche avec un nœud coulant. Les vibrations se trouvent complètement éteintes par ce système de sourdines. Toutefois, ces sourdines sont l'action

TÉLÉPHONE.

d'une durée assez limitée; le tube en caoutchouc, sous des intempéries, ne se conserve pas longtemps. Il se gerce et n'est plus alors une protection suffisante pour la corde de chanvre. Malgré ces inconvénients, on les emploie quand même, puisqu'il n'y a pas de système meilleur.

Voyons comment s'opèrent à Paris les communications entre deux personnes.

Prenons pour guide M. Lartigue, autrefois ingénieur électricien au chemin de fer du Nord, directeur de la Société générale des téléphones. Il va nous conduire au poste central des téléphones, avenue de l'Opéra. Nous descendons avec lui au sous-sol, où nous trouvons un petit pavillon portant, sur ses faces ouvertes, des rosaces formées de fils métalliques assemblés par paires dans une gaine commune. Ces fils sont disposés comme autant de rayons qui vont du centre à la circonférence. Mille paires de fils sont ainsi épanouies et répondent aux huit cents abonnés actuels de ce bureau et à des fils de service.

Sept paires de fils, répondant à sept abonnés demeurant dans la même rue ou dans le même quartier, sont groupées et forment un câble qu'on enferme dans un tuyau de plomb. Le câble part du sous-sol, descend dans l'égout, dont il longe les parois, jusqu'à la maison de l'abonné le plus voisin. A partir de cette première station, les sept doubles fils se séparent et vont chacun séparément aux domiciles respectifs des sept abonnés.

Les sept doubles fils séparés montent du sous-sol au rez-de-chaussée et vont se terminer en sept points d'un tableau analogue aux indicateurs dont on fait usage dans les administrations pour désigner aux garçons les bureaux où ils sont appelés.

En chaque point du tableau où aboutit une paire de fils se trouve inscrit le numéro de l'abonné. Ordinairement le numéro est recouvert par une plaque métallique qui se rabat pour laisser voir le numéro au moment où l'abonné s'annonce par l'envoi d'un courant. Pendant la nuit, une sonnerie marche au même moment.

Deux trous portant un ressort à la partie supérieure, correspondent, par celui-ci, aux deux fils, et une cheville placée dans un trou, établit la communication avec un fil qui se trouve dans cette cheville.

Dès qu'un abonné s'annonce, l'employé tenant à la main un *transmetteur-récepteur* se met en rapport avec lui. Il importait que cette communication entre l'abonné et l'employé se fît rapidement et commodément. Dans ce but, on a réuni un transmetteur à embouchure avec un récepteur, de manière que l'employé puisse, du même coup, parler à l'abonné et l'entendre. Ainsi, tenant la poignée à la main, il applique simultanément le transmetteur contre sa bouche et le récepteur contre une de ses oreilles.

Supposons qu'un abonné qui demeure au Palais-Royal demande à correspondre avec un autre abonné demeurant à la Madeleine. Si les fils partant du domicile de ces abonnés aboutissent au bureau de l'avenue de l'Opéra, l'employé n'a qu'à établir une communication entre leurs extrémités au moyen d'un bout de fil double dont il met les extrémités en contact avec les fils des abonnés.

S'agit-il de faire communiquer un abonné de Passy avec un autre de la Villette, c'est autre chose. Il existe à Passy et à la Villette des bureaux auxiliaires qui sont mis en communication par l'entremise du bureau central et sans le concours des employés.

L'abonné de Passy demande au bureau central de le mettre en rapport avec le bureau de la Villette. Cela fait, il demande au bureau de la Villette de le mettre en rapport avec la personne à laquelle il veut s'adresser. Ainsi la relation s'établit entre deux abonnés par l'entremise des deux bureaux.

TENUE DES LIVRES.

De nouvelles recherches vont augmenter encore la portée du téléphone. M. Van Ryselberg de Bruxelles a montré que l'établissement de condensateurs de surface assez restreinte sur la ligne, permettait de conserver l'intensité du son, et l'établissement d'une ligne téléphonique établie par lui entre Bruxelles et Anvers, a démontré la valeur du système.

TENON. Voyez CHARPENTE.

TENUE DES LIVRES. N'est pas la comptabilité avec laquelle on la confond trop souvent. Celle-ci est toujours nécessaire indépendamment du mode de tenue des livres. Nous donnerons quelques détails sur la plus parfaite de ces méthodes, en reproduisant un rapport de M. Costaz, fait à l'Académie des sciences, qui offre un exposé très lucide des principes de la tenue des livres en parties doubles, méthode qui a pour objet la solution du problème suivant :

Étant donné un capital composé d'une manière connue, destiné à être successivement engagé en totalité ou par parties dans divers emplois, et à subir par des causes quelconques des modifications dans sa grandeur et dans sa nature, suivre ce capital dans ses transformations successives, déterminer pour une époque prise à volonté la valeur, la nature et la position de chacune de ses parties, les augmentations ou les diminutions qu'il a éprouvées, faire connaître les causes de ces variations et la part que chaque cause a eue, soit dans l'effet total, soit dans chaque effet partiel.

La méthode qui résout le mieux ce problème, la seule peut-être qui le résolve dans toute son étendue, est celle qui est connue parmi nous sous le nom de Tenue des Livres en parties doubles, et dans d'autres pays sous le nom de Méthode italienne, parce qu'elle a été découverte en Italie, dans le moyen âge, lorsque ce pays, à qui l'Europe moderne doit la renaissance de tous les arts, de toutes les sciences, était l'intermédiaire des communications commerciales entre l'orient et l'occident de l'ancien monde. La plus grande partie de la nomenclature actuellement en usage dans la pratique de cette méthode, porte encore l'empreinte d'une origine italique, et l'on cite un traité explicatif de ses procédés, publié en italien, vers l'année 1495, par *Fra Luca Paciolo di Borgo*.

Toute comptabilité exige indispensablement l'emploi de deux livres ou registres.

Dans le premier, les opérations sont inscrites par ordre de dates, avec tous les détails nécessaires pour constater la nature et tous les effets de l'opération. Ce livre, qui est le fondement de la comptabilité, est jugé si important par les lois qu'elles ont réglé et fixé quelques-unes des conditions de sa forme et de sa tenue. Il porte le nom de *Journal;* les affaires y sont rapportées sans aucun égard à leur analogie ou à leur dissemblance; il constate leur existence, mais il ne montre pas leur situation. Cet objet est rempli au moyen d'un autre livre qui s'extrait du journal, et qui, dans le langage technique, est appelé quelquefois *Livre de raison*, et plus souvent le *Grand-Livre*. Toutes les affaires dont on veut suivre la marche y ont un article séparé ou compte, dans lequel elles sont inscrites sans aucun mélange avec les affaires d'une nature différente. On caractérisera en peu de mots, et sous la forme concise du langage algébrique, la destination et le service de ces deux registres en disant que : *Dans le Journal les affaires sont ordonnées par rapport au temps et dans le Grand-Livre par rapport à leur nature.*

La dénomination de méthode à parties doubles usitée en France provient de ce fait, que toute opération commerciale, tout transfert ou mouvement de valeur constitue nécessairement un débiteur et un créancier ou créditeur.

Le créancier et le débiteur sont souvent des personnes avec qui celui au nom duquel la comptabilité, est tenue, est en correspondance d'affaires; mais ces mots peuvent aussi désigner des emplois de quelque partie du capital: par exemple, si un négociant achète pour mille francs de marchandises et qu'il paye comptant, la marchandise sera débitrice de la caisse: on déterminera toujours avec sûreté quels sont le créancier et le débiteur par une règle déduite de cette considération que pour qu'il y ait lieu à reconnaître un nouveau débiteur et un nouveau créancier, il faut que quelque valeur ait fait un mouvement et ait changé de place ou d'emploi. *Le créancier est au point de départ, le débiteur au point d'arrivée.*

Le grand-livre contient donc une équation toujours subsistante, dont chaque nouvelle opération modifie quelque terme, mais sans troubler l'égalité. Dès qu'on aperçoit que cette égalité n'existe plus, on est sûr qu'il a été commis quelque faute de calcul qu'on doit se hâter de rechercher et de rectifier. Cette propriété offre un moyen d'assurer l'exactitude arithmétique des comptes.

Le rapprochement des deux membres de l'équation placés terme à terme en regard l'un de l'autre, forme ce que dans la pratique on appelle *le Bilan* ou *la Balance.*

Au mérite de constater l'exactitude des écritures, la balance réunit celui de présenter sous la forme la plus concise et la plus nette le résumé, et, en quelque sorte, l'image des effets de la gestion à laquelle le capital a été soumis ; si le capital initial a reçu des accroissements ou subi des diminutions, et sert à en déterminer le montant et les causes.

Lorsqu'une comptabilité est organisée, c'est-à-dire lorsque les différents points de vue sous lesquels une entreprise doit être considérée sont déterminés, et que les comptes dans lesquels les différentes opérations doivent être coordonnées sont établis, la méthode des parties doubles conduit en quelque sorte le praticien par la main; il n'a besoin que du degré d'attention nécessaire pour ne point commettre d'erreur dans la transcription et la pose des nombres Mais la détermination des comptes nécessaires à établir pour porter la lumière dans toutes les parties d'une comptabilité, est une opération qui demande des raisonnements quelquefois compliqués et délicats : c'est comme la mise d'un problème en équation. Elle suppose une connaissance entière de l'entreprise dans laquelle on veut engager le capital, des règles de l'administration ou gestion à laquelle il doit être soumis, et une analyse complète des moyens qu'on aura à sa disposition et de la manière d'en faire usage.

Le résumé succinct qui précède renferme tout l'esprit de la comptabilité, connue sous le nom de tenue des livres en parties doubles.

Nous ajouterons quelques mots sans pouvoir toutefois entrer dans des applications nombreuses qui forment la substance de tous les traités de tenue des livres.

Comme nous l'avons dit dans l'introduction, l'esprit de cette méthode est la même que la notion des quantités positives et négatives en algèbre. C'est sur le mouvement des comptes positifs et négatifs que repose toute la tenue des livres, et c'est la somme algébrique (c'est-à-dire avec les signes + et —) de ces comptes qui donne le bilan, la position de l'affaire en chaque instant.

Pour ce qui est de la multiplicité des comptes à établir, il est de règle de réduire au nombre strictement nécessaire ceux qui se rapportent aux valeurs *invariables*, qui, telles que le numéraire, entrent et sortent des comptes pour le même chiffre. Il y a au contraire presque toujours pour l'industriel un grand avantage à multiplier tous les comptes se rapportant à des objets dont les valeurs sont variables, et surtout à ceux qui entrent comme parties essentielles de la fabrication. C'est par des comptes bien entendus de matériel, ma-

tières, combustible, etc., qu'un fabricant s'aperçoit de l'importance de chacune de ces dépenses, du point où il doit redoubler de surveillance, où il peut chercher des perfectionnements fructueux.

Nous ajouterons que tous les comptes devront être arrêtés à époque fixe et la position générale de l'affaire vérifiée par un inventaire qui peut se faire à un instant quelconque, mais qui, à cause des dérangements auxquels il entraîne, se fait habituellement une fois l'an dans les fabriques bien tenues, et autant que possible à l'époque où les travaux ont le moins d'activité

TÉREBENTHINE (*Galipot*, *Résine*, *Brai*, etc.). Nous nous occuperons, dans cet article, d'un grand nombre de substances dont la nature ou les propriétés présentent des analogies plus ou moins complètes et dont il convient de réunir l'histoire, soit parce que plusieurs de ces matières sont l'objet d'une même fabrication, soit parce qu'il eût été impossible d'éviter de nombreuses répétitions en s'en occupant séparément.

La confusion qui règne en général dans la classification des corps dont nous allons parler, rendra nécessaire une longue énumération dont on nous pardonnera l'aridité si nous parvenons, comme nous en avons l'espoir, à présenter avec ordre ce sujet compliqué.

On donne le nom de térébenthine au suc résineux qui découle naturellement, ou au moyen d'incisions, de plusieurs espèces d'arbres de la famille des térébinthacées et de celle des conifères. Le nom de térébenthine vient du mot grec τερεω (je blesse), qui rappelle les incisions au moyen desquelles on obtient cette substance, ou du mot τερεβινθος, parce que le fruit de l'arbre qui produit la térébenthine la plus anciennement connue ressemble à un pois chiche.

Les térébenthines exercent une action énergique sur es organes des voies urinaires et sont souvent employées avec succès soit au commencement, soit à la fin des affections gonorrhéïques.

On peut classer, d'une manière générale, parmi les térébenthines les produits résineux, mêlés d'huiles essentielles, et les baumes liquides qui ne renferment pas d'acide benzoïque. Le baume de Judée, le baume de copahu, etc., devraient donc figurer ici; mais nous ne nous en occuperons pas parce qu'on en a déjà parlé au mot BAUMES. Nous croyons que la classification que nous venons d'indiquer, quoique trop générale et peut-être peu rationnelle au point de vue scientifique, est encore aujourd'hui la plus convenable. Quoi qu'il en soit, on distingue dans le commerce plusieurs espèces de térébenthines proprement dites que nous allons passer en revue.

I. *Térébenthine de Chio*. Cette substance est d'un blanc verdâtre, transparente et presque insipide. Elle est très anciennement connue, puisque Pline en fait mention; c'est elle qui a donné son nom aux corps analogues. La térébenthine de Chio découle naturellement ou par incision du *pistacia terebinthus* L., arbre qui se plaît dans les pays chauds, l'Inde, la Perse, la Syrie, et surtout à Chio. On le trouve jusque dans nos départements méridionaux, mais sa croissance y est incomplète et il ne produit pas de résine.

II. *Térébenthine de Venise*. Elle est produite par le *pinus larix*, L. On la recueille en pratiquant dans le tronc des mélèzes les plus vigoureux, à $0^m,60$ au-dessus du sol environ, des trous de tarière dans lesquels on introduit de petites gouttières en bois, par lesquelles le produit s'écoule assez abondamment au printemps. La térébenthine de Venise est plus odorante et plus transparente que celle de Chio : on la confond souvent avec celle de Strasbourg dont nous allons parler.

III. *Térébenthine du sapin ou de Strasbourg*. On extrait cette substance du *pinus picea*, L. «Les habitants des lieux où viennent les sapins, dit Duhamel, grimpent avec beaucoup d'adresse à la cime des arbres les plus élevés à l'aide de souliers armés de crampons; l'un de leurs bras les soutient à l'arbre; l'autre est armé d'une corne de bœuf, ou d'un instrument en fer-blanc qui affecte la même forme : ils crèvent avec lui les tumeurs qu'ils trouvent et remplissent bientôt cette corne qu'ils vident ensuite dans une bouteille de fer-blanc qu'ils portent à leur ceinture. Cette bouteille à son tour est vidée dans des outres qui servent au transport dans les villes où le commerce s'en fait en grand. On peut faire ainsi deux récoltes par an, la première au printemps, la seconde en automne. Cette espèce fournit près d'un quart d'huile essentielle. »

On purifie cette espèce de térébenthine en la filtrant à travers des feuilles du sapin (*pinus excelsa*) placées au fond d'une espèce d'entonnoir formé en roulant l'écorce du même arbre.

La térébenthine de Strasbourg est très transparente, presque incolore et fréquemment employée en médecine : elle entre dans la préparation des pilules de Stahl, de l'onguent de térébenthine camphré, etc. La térébenthine cuite des pharmacies s'obtient en faisant bouillir dans l'eau de roses, ou même dans l'eau pure, le corps qui nous occupe de manière à le débarrasser d'une partie de son huile essentielle.

IV. *Térébenthine commune ou du pin*. Cette substance est de beaucoup la plus importante de la classe qui nous occupe; elle a, par elle-même, de nombreuses applications et les produits qu'elle fournit sont l'objet d'un commerce important. On la recueille en abondance dans la Dordogne et dans les Landes où croissent parfaitement le *pinus sylvestris* et le *pinus maritima* L., arbres d'où elle découle. La récolte se fait de mai à septembre; voici comment on y procède. On choisit les pins de $0^m,35$ à $0^m,40$ de diamètre et, avec une hache, on enlève près du pied une bande d'écorce de $0^m,12$ de largeur et de $0^m,50$ de hauteur; puis, avec une espèce d'herminette bien tranchante, on fait au bas de cette partie dénudée une incision de $0^m,007$ de profondeur, de $0^m,03$ de hauteur et de la largeur de la bande d'écorce enlevée d'abord. Tous les huit jours on fait une semblable incision au-dessus de la précédente, de sorte que la plaie ainsi formée acquiert en un an $0^m,80$ à 1^m de hauteur. L'année suivante on enlève une seconde bande d'écorce au-dessus de la première et on pratique de nouvelles incisions. On continue ainsi chaque année jusqu'à ce qu'on atteigne une hauteur de 4^m à 5^m. On commence alors, près des racines, une nouvelle entaille parallèle et semblable à la première. On fait de cette manière le tour de l'arbre et on ne revient à la première entaille qu'après avoir laissé au temps le soin de la cicatriser. La térébenthine qui s'écoule de l'arbre est reçue dans un vase, ou simplement dans une petite fosse creusée à cet effet. Les arbres traités comme nous venons de l'indiquer vivent de soixante à quatre-vingts ans et fournissent 3 à 4 kilogrammes de térébenthine par an. On peut leur en faire fournir beaucoup plus en pratiquant à la fois plusieurs incisions, mais ils ne donnent dans ce cas que deux ou trois ans.

Le *galipot* est un mélange très pur de résine et d'essence recueilli sur les incisions mêmes des pins. On désigne aussi quelquefois sous ce nom le produit brut tout entier fourni par les arbres. On emploie le galipot à quelques usages particuliers et surtout pour le mélanger aux cires communes avec lesquelles on prépare les cierges jaunes.

Le produit fourni par les pins est un mélange de résine et d'essence qu'il s'agit d'abord de purifier soit pour le livrer immédiatement au commerce, soit pour le soumettre à d'autres opérations. On y parvient en exposant au soleil, ou à la chaleur d'une étuve, la matière brute réunie dans des tonneaux dont le fond percé de trous est recouvert de paille, ou même seulement

dans des tonneaux mal joints dont les fentes servent de filtres. Les premiers produits qui s'écoulent sont les plus liquides et les plus purs : on les vend sous le nom de *térébenthine fine* ou *térébenthine au soleil*.

Le procédé que nous venons de décrire exige un temps assez long et entraîne nécessairement la perte d'une grande quantité d'essence qui se dégage dans l'air ; aussi le remplace-t-on toujours aujourd'hui par une méthode due à M. Chevalier et qui présente le double avantage d'améliorer les produits et d'augmenter des deux tiers leur quantité. Cette méthode consiste à mettre la matière brute recueillie au pied des pins dans un sac de toile, entouré d'un tissu d'osier et suspendu dans une chambre où l'on peut circuler. Un tuyau percé de trous sur toute sa largeur et par lequel on peut faire arriver de la vapeur, pénètre dans le sac. Quand la térébenthine brute est placée dans le sac, il s'en écoule d'abord, même à froid, un produit très pur et très liquide qui peut remplacer avec avantage les térébenthines de Chio et de Venise. On introduit ensuite la vapeur ; les matières se ramollissent, la térébenthine s'écoule en abondance et l'opération est terminée en quelques heures. On doit modérer l'action de la vapeur pour éviter de liquéfier toute la résine qui, sans cette précaution, se mêlerait en trop grande quantité avec la térébenthine. Du reste, si cet accident se produisait, on y remédierait facilement en mêlant au produit une partie de la térébenthine écoulée à froid.

Le résidu resté dans les sacs après l'action de la vapeur, ou dans les tonneaux, quand on opère au soleil, est fondu et filtré à chaud sur de la paille. Il sert à la préparation de l'essence de térébenthine, dont il renferme encore une certaine quantité, de la colophane, etc., produits dont nous allons maintenant décrire les propriétés et le mode de préparation.

a. Huile essentielle de térébenthine. On obtient cette huile essentielle en distillant dans un alambic la térébenthine, quand on ne la vend pas dans son état naturel, ou bien, ce qui a lieu le plus souvent, le résidu fondu et filtré que l'on obtient après avoir séparé la térébenthine par l'action de la vapeur ou du soleil, comme nous l'avons indiqué ci-dessus. L'essence va se condenser dans le serpentin de l'appareil et il reste dans la cucurbite la partie résineuse ou colophane. La distillation de 100 kil. de térébenthine fournit une douzaine de kilos d'essence et un peu moins de 88 kil. de colophane.

L'essence du commerce renferme toujours de la résine, formée par l'action de l'air, et une certaine quantité d'eau. Pour l'obtenir pure, il faut la mélanger avec un peu de chaux vive qui s'empare de l'eau, la décanter et la distiller une seconde fois, et enfin, si on a besoin d'un produit absolument pur, la laisser digérer avec du chlorure de calcium et la redistiller avec beaucoup de précaution. L'essence ainsi préparée est incolore, limpide, très fluide ; sa densité à la température de 22° est de 0,86. Elle entre en ébullition à 156°. Son odeur est forte et désagréable. Elle renferme, d'après M. Dumas, $C^{40}H^{32}$, ou bien :

Carbone.	88,5
Hydrogène. . . .	11,5
	100,0

Les flacons d'essence mal bouchés ou renfermant de l'eau se tapissent avec le temps de cristaux blancs étoilés qui ont été étudiés par plusieurs chimistes et qui paraissent être un hydrate d'essence de térébenthine. Sans entrer ici dans l'histoire de cette substance, qui n'a pour les arts aucun intérêt, nous dirons seulement qu'il faut éviter sa production parce qu'elle altère les propriétés de l'essence.

L'essence de térébenthine forme avec l'acide chlorhydrique une combinaison connue sous le nom de camphre artificiel (voyez CAMPHRE), que nous n'examinerons pas en ce moment, mais qui paraît destinée à jeter quelque lumière sur la nature intime encore assez mal connue de l'essence de térébenthine.

b. Colophane ou *Arcanson*. Ce produit est le résidu de la préparation de l'essence de térébenthine. Il est d'autant plus pur que les matières premières l'étaient elles-mêmes davantage. La térébenthine obtenue à la vapeur ou au soleil donnerait la plus belle qualité. — Cette substance est employée dans quelques vernis et par les luthiers. Son nom vient, dit-on, de Colophon ville d'Ionie, où on la préparait autrefois.

La colophane peut être représentée par de l'essence de térébenthine oxygénée : sa formule paraît être $C^{80}H^{64}O^{4}$. Mais il ne faut pas la regarder comme un produit simple ; c'est un mélange de trois résines au moins, dont deux sont acides et ont reçu les noms d'acides sylvique et pinique. Ces composés, déjà étudiés avec soin, méritent de fixer l'attention des industriels, car ils jouent, sans aucun doute, un rôle très important dans la fabrication des savons résineux dont les applications tendent sans cesse à s'étendre davantage.

c. Résine commune, ou *Poix résine*, ou *Brai sec*. Quand au lieu de recueillir la colophane au moment où cesse le dégagement des vapeurs d'huile essentielle, on la verse bouillante dans un vase de bois où on la brasse fortement avec 10 p. 100 d'eau environ, on obtient la résine commune que l'on verse dans des moules en sable de 0m,50 de diamètre et de 0m,10 à 0m,12 de profondeur dans lesquels elle se solidifie. Ce produit ainsi préparé retient environ 6 p. 100 d'eau ; il est opaque, beaucoup moins coloré et moins fragile que la colophane, que l'on est forcé d'emballer dans des barriques, tandis que la résine peut s'expédier dans de simples bâches en roseau. La résine fond plus facilement que la colophane et s'attache moins au fond des vases. Elle est soluble dans les alcalis, les huiles grasses et dans l'éther. L'alcool en dissout le tiers de son poids. Sa densité est de 1,073, suivant Thomson.

La résine mélangée avec du soufre et du suif forme une excellente matière pour le calfatage des navires. Elle sert également à la préparation du mastic de fontainier, qui n'est autre chose qu'un mélange d'une partie de résine avec deux parties de brique finement pulvérisée et fondues ensemble. — On peut préparer avec la résine un gaz d'éclairage de très bonne qualité (voyez ÉCLAIRAGE), mais dont le prix est malheureusement trop élevé.

La résine soumise à la distillation produit une huile fixe et une huile volatile. Ces liquides ont été jusqu'à présent peu employés en France (voyez GRAISSAGE). Ils paraissent cependant susceptibles de nombreuses applications qu'il serait intéressant de découvrir.

d. Barras ou *Perrine*. On désigne ainsi le produit obtenu en faisant fondre et filtrer à une douce chaleur les matières résineuses solidifiées à la surface des incisions.

e. Poix de Bourgogne. C'est du galipot filtré avec soin et convenablement épaissi par la chaleur.

f. Brai gras. La paille à travers laquelle on a filtré les térébenthines, les tonneaux qui ont servi à les renfermer, et en général tous les résidus des préparations précédentes, renferment une certaine quantité de résines et de térébenthine que l'on utilise, comme nous allons l'indiquer, pour la préparation du brai gras. On charge toutes ces matières par l'ouverture supérieure d'un four présentant la forme d'un cône renversé, ovale ou circulaire, de 3m à 4m de hauteur et de 1m,80 à 2m de diamètre. Une ouverture, ménagée à la partie inférieure de ce four, permet aux produits de cette espèce de distillation de couler dans une rigole qui les conduit dans des baquets en bois remplis d'eau dans lesquels ils se rassemblent. On obtient ainsi une masse d'un brun

TERRASSEMENT.

rougeâtre et presque liquide, on la décante pour séparer les impuretés et on la fait bouillir dans une chaudière en fonte jusqu'à ce qu'elle atteigne la consistance convenable.

g. Poix noire. On désigne sous ce nom le brai gras mélangé de noir de fumée ou autres matières charbonneuses.

h. Goudron. Le goudron est une matière liquide, de consistance sirupeuse, d'un brun noirâtre, demi-transparente et d'une odeur empyreumatique particulière. Quand il est de bonne qualité, il communique à l'eau ou à la salive une légère teinte rosée et une apparence lactescente quand il est moins bon. Exposé à l'air, en couches minces, il se transforme en une croûte d'un noir brun, luisante et qui adhère fortement aux bois sur lesquels il se trouve appliqué. Le goudron soumis à l'action de la chaleur se liquéfie, bout en répandant des fumées abondantes et finit par se transformer en brai gras, ou plutôt en poix noire. Il brûle facilement, mais avec une flamme très fuligineuse, au milieu de laquelle on voit s'élever de petites bulles enflammées.

On fabrique, dans les environs de Bordeaux, une grande quantité de goudron avec les pins épuisés de térébenthine. On coupe, à cet effet, les arbres par tronçons de 0m,65 de largeur que l'on refend en bûchettes de quelques centimètres seulement de diamètre. On entasse le bois ainsi préparé dans un four circulaire de 6m à 7m de diamètre, dont la sole est percée d'une ouverture centrale, par laquelle le goudron s'écoule dans les vases destinés à le recevoir. On a d'ailleurs le soin de recouvrir le tas de gazon avant d'y mettre le feu et de conduire l'opération avec tous les soins indiqués au mot CARBONISATION. Le goudron ainsi obtenu se trouve mélangé d'une certaine quantité d'eau et d'acide acétique dont on le débarrasse par l'action de la chaleur. On pourrait opérer une séparation plus complète de l'acide par l'addition d'une faible quantité de carbonate de chaux en poudre, dont l'emploi, peu coûteux, produirait certainement de bons résultats.

Le goudron sert à enduire les cordages, les voiles et les bois des navires. Pour le calfatage on le mélange avec du brai gras ou avec de la résine : ce dernier mélange est connu sous le nom de *poix végétale* ou *navale*.

Les goudrons de Suède, de Norwége et de Russie sont très renommés et connus depuis longtemps. On les extrait principalement du *pinus rubra*, L. Mais on peut affirmer que nos goudrons du département des Landes ne le cèdent en rien à ceux du Nord et sont même presque toujours vendus aujourd'hui pour ces derniers ; c'est une fraude que d'anciens préjugés rendent malheureusement encore nécessaire.

i. Poix bâtarde. C'est un mélange de goudron, de poix noire et de brai gras.

Les térébenthines et leurs dérivés forment, comme nous venons de le voir, une série de produits nombreux et qui sont pour quelques-uns de nos départements une source de prospérité destinée probablement à s'accroître chaque jour, car les résines peuvent fournir à l'industrie une foule de vernis, d'enduits, etc., dont on est loin encore d'apprécier toute l'utilité.

Terminons enfin en renvoyant le lecteur aux articles suivants du Dictionnaire, qui se rattachent plus ou moins directement au sujet qui vient de nous occuper : BAUMES, LAQUE, MASTIC, NOIR DE FUMÉE, VERNIS, VAPEUR SURCHAUFFÉE, etc. H. MANGON.

TERRASSEMENT. Quand on trace une voie de communication, route, canal ou chemin de fer, on est astreint à certaines règles, conséquences de la destination de cette voie. Parmi ces règles il en est quelques-unes, celles qui concernent les pentes et les courbes, dont on ne doit pas se départir, sous peine de diminuer le degré d'utilité de la voie que l'on veut créer, ou même d'en rendre l'usage impossible. C'est l'application de ces règles inflexibles qui donne naissance à la partie la plus importante, et comme travail et comme dépense, de la construction des voies de communication. Ainsi, pour faire passer à travers un pays une route, un canal, un chemin de fer, il faudra souvent combler les vallées, percer les montagnes, les abaisser, les niveler, exécuter enfin des déblais et des remblais, en un mot faire des *terrassements*.

A moins de cas très exceptionnels, la masse des terres à remuer pour la construction des routes n'est pas considérable. On n'emploie guère à ce travail que la brouette et le tombereau. La raison en est simple, les pentes d'une route de terre pouvant sans inconvénient s'élever à 3, 5, 8 et même 10 centimètres par mètre. Quant aux courbes, on admet très-bien des rayons de 50 à 100 mètres.

Les canaux exigent de plus grands mouvements de terre. On rachète les pentes par des chutes ou écluses ; mais entre deux écluses le plafond du canal doit être horizontal : en multipliant les écluses, on rachète des pentes considérables, et on peut par là éviter de grands terrassements : cependant les travaux de cette nature forment un article important de la dépense d'ouverture des canaux. Pour les courbes, on adopte celles qui permettent à un bateau de circuler avec aisance, sans endommager les berges : les dimensions de ces bateaux varient avec la section du canal, et par suite on peut admettre des courbes d'un rayon moindre sur les canaux à petite section que sur ceux à grande section.

Les conditions du tracé des chemins de fer sont, pour ainsi dire, absolues ; c'est-à-dire que leur exploitation exige des pentes faibles et des courbes de grand rayon : horizontalité et alignements droits, tels sont les termes de la perfection pour le tracé de ces nouvelles voies de communication. On conçoit que pour satisfaire à ces conditions, il soit nécessaire de faire des déblais et des remblais énormes ; aussi est-ce depuis qu'on a commencé ces grands travaux que les idées des ingénieurs et des inventeurs se sont tournées vers la recherche des moyens propres à accélérer le maniement des terres et à diminuer la dépense qu'il entraîne. A Paris, ces recherches ont trouvé un stimulant dans l'entreprise des fortifications qui entourent la capitale et qui ont dû être exécutées dans un espace de temps très limité. Cependant nous devons nous hâter de dire que l'érection des fortifications n'a permis d'étudier qu'une face de la question, puisque dans ces travaux, on se borne en général à creuser un fossé dont les terres sont déposées en cavalier, soit du côté de l'escarpe, soit du côté de la contre-escarpe. Tandis que les terrassements de canaux et de chemins de fer comprennent non seulement le déblaiement des terres en un point donné, mais encore leur transport à des distances plus ou moins considérables.

Pour donner à nos lecteurs une idée de l'importance des travaux de terrassements que nécessitent les chemins de fer et de la dépense qu'ils occasionnent, nous avons réuni quelques chiffres pris tant en France, qu'en Belgique et en Allemagne. Quant à la dépense, nous donnons un premier tableau qui comprend le prix qu'ont coûté les terrassements par kilomètre, et le prix total du kilomètre, y compris même le matériel. Il eût été mieux de dégager le chiffre qui représente la construction proprement dite ; mais nous n'avons pas trouvé dans les ouvrages que nous avons consultés des renseignements assez certains pour pouvoir présenter avec confiance les résultats de ce travail. Disons seulement que nous avons pu constater qu'en général la dépense des terrassements est à peu près les *trois cinquièmes* de la dépense des travaux d'art et des terrassements réunis. Ainsi, si cette dépense monte à 100.000 fr., 60.000 fr.

auront été consacrés aux terrassements et 40.000 fr. aux travaux d'art. On comprend que cette évaluation n'est qu'approximative et qu'elle peut varier avec la conformation du sol des contrées sur lequel on doit poser la voie de fer.

NOMS DES CHEMINS.	COUT d. terrassements par kilomètre.	COUT TOTAL d'un kilomètre
	f.	*f.* c.
Paris à Orléans. . . .	62.000	368.500 »
Montpellier à Nîmes. .	35.119	288.000 »
Lille à la frontière de Belgique.	105.094	484.000 »
Dijon à Châlons. . . .	63.670	» »
Orléans à Tours. . .	33.184	» »
Id. à Vierzon. . .	63.500	» »
Chemins belges. . . .	57.000	244.723 »
Grand-Duché de Bade.	32.545	182.407 »
Munich à Augsbourg.	31.000	139 661 54
Nord (de l'empereur Ferdinand).	18.000	121.075 20
Berlin à Francfort. .	12.000	116.495 45
Id. à Stettin. . . .	16.200	97.150 83
Id. à Potsdam. . .	18.600	194.032 78
Id. à Anhalt. . . .	18.200	109.253 27
Saxon-Bavarois. . .	36.000	144.455 15

On remarque une grande différence de coût des terrassements entre les chemins français et belges et les chemins allemands. On trouvera une des raisons de cette différence dans le prix auquel est payée la journée de terrassier.

En France elle se paye moyenne ment de. . . . . 2f à 3f

Elle a coûté :

Sur le chemin de Bade de. . . . . 1f,18c à 1f,58c
— de Nürenberg à Fürth de. . 0f,72 à 1f,07
— de la Haute-Silésie. 0f,75
— Rhénan. 1f,50
— de Dusseldorf à Elberfeld. . 1f,25
— de Berlin à Stettin (à la tâche). 1f,50

Pour faire connaître le cube des terres que l'on a dû remuer sur un certain nombre de chemins de fer, nous avons réuni dans un second tableau le cube total des terrassements de certaines lignes dont nous donnons le développement en kilomètres, et nous en avons tiré le cube par kilomètre et par mètre courant de chemin.

NOMS DES CHEMINS.	Longueur en kilomètres	Cube total des terrassements	Cube par kilomètre.	Cube par mètre courant
		m. c.	m. c.	m. c.
Lille à la frontière de Belgique. . .	15	1.101.000	73.400	73,40
Rouen au Havre. .	91	4.895.338	53.795	53,79
Paris à Aisy. . . .	235	10 282 324	43.754	43,75
Orléans à Vierzon.	81	3.438.571	42.451	42,45
Dijon à Châlons. .	68	2.563.754	37.702	37,70
Paris à Amiens. .	148	5.200.000	35.135	35,13
Amiens à Lille et à Valenciennes. .	162	4 822.000	29.765	29,76
Orléans à Tours. .	115	3 120.000	27.130	27,13

Sur les chemins de fer de Dijon à Châlons et d'Orléans à Vierzon, le prix des terrassements a été de 1 fr. 48 c. par mètre cube ; sur celui d'Orléans à Tours, 1 franc 23 c.; sur celui de Lille et de Valenciennes à la frontière de Belgique, 1 fr. 11 cent.

Les résultats que nous venons de donner suffisent pour faire comprendre tout l'intérêt qui s'attache aux manœuvres ayant pour but de mener rapidement et au meilleur marché possible les travaux de terrassements.

Les opérations que nécessite le maniement des terres sont au nombre de trois : 1° le piochage ; 2° le chargement ; 3° le transport.

Généralement dans les devis on ne sépare pas le piochage du chargement ou du jet à la pelle soit horizontal, soit vertical, dans une brouette ou dans un tombereau. Dans les terres ordinaires, sable, gravier ou terre meuble, on ne se sert pour le piochage que d'un seul instrument, la *pioche*. Lorsqu'on a à faire une excavation assez profonde, on emploie une méthode très expéditive, qu'on nomme *abattage*. Voici en quoi elle consiste : lorsque la tranchée a déjà une certaine profondeur, les ouvriers attaquent la terre par le pied de la masse à enlever. Ils la creusent en dessous, de manière à ce qu'elle ne se soutienne plus que par les deux points extrêmes et par la cohésion. On plante à une certaine distance du bord deux ou trois forts pieux, armés d'une pointe en fer et frettés par le haut qu'on enfonce à coups de masse. Bientôt toute la partie sous laquelle on a excavé tombe dans la fouille et l'on n'a plus, pour ainsi dire, qu'à opérer le jet à la pelle, à cause de l'ameublissement de la terre ainsi entraînée. On peut renverser de cette manière des masses de 20 à 30 mètres cubes à la fois.

Un atelier, organisé pour le travail de *fouille* et *charge*, doit se composer d'un certain nombre de piocheurs et de pelleteurs. Le rapport qui existe entre le nombre de piocheurs et de pelleteurs varie suivant la nature du terrain : dans le génie militaire on désigne une terre par le nombre de piocheurs nécessaires pour fournir à un pelleteur : ainsi une terre *à un homme* désigne un piocheur pour un pelleteur ; une terre *à deux*, *à trois hommes* indique qu'il faut deux, trois piocheurs pour un pelleteur.

Dans les terres difficiles entremêlées de lits de pierre ou de roche, on se sert de la *pince* et même quelquefois de la poudre.

Un piocheur peut, dans une terre ordinaire et en travaillant dix heures par jour, faire de 8 à 12 mètres cubes ; s'il travaille dans une terre déjà fouillée (c'est ce qui arrive lorsqu'on fait rejeter dans la fouille la terre déblayée primitivement) il peut piocher de 20 à 25 mètres cubes.

Un pelleteur peut dans le même temps jeter 20 mètres cubes, soit à 3 mètres horizontalement, soit à 2 mètres verticalement sur banquette, soit enfin dans une brouette ou un tombereau.

Lorsque le piocheur doit faire usage de la pince, il ne produit plus que 2 à 3 mètres cubes de déblai par jour.

On a cherché à simplifier, à opérer mécaniquement la fouille et la charge des terres ordinaires : nous aurons occasion d'y revenir à la fin de cet article.

Les transports de terres se font soit à la brouette, soit par tombereau, soit au moyen de chemins de fer et de wagons traînés par des chevaux ou par des locomotives.

On a vu à l'article CHEMIN DE FER que dans les terrassements, pour une distance :

de 50 à 100 mèt. on emploie les brouettes ;
de 100 à 500 mèt. on emploie les tombereaux ;
de 500 à 2.000 mèt. on emploie les chemins de fer et les chevaux ;
de 2.000 mèt. et plus on emploie les chemins de fer et les locomotives.

Nous allons passer en revue ces divers modes de transport.

TERRASSEMENT.

Transport à la brouette. La brouette consiste en une caisse rectangulaire en bois, soutenue par une roue placée à son extrémité antérieure et par deux pieds placés à l'aplomb de la paroi postérieure; les châssis latéraux se prolongent de manière à former deux brancards entre lesquels se place l'ouvrier. La forme de la caisse de la brouette terrassière française est presque rectangulaire; la jante de la roue est large et plate. L'homme qui soulève les brancards et pousse la brouette devant lui, supporte à peu près 1/5e de son poids. On a cherché à répartir différemment la charge, de manière à ce que l'homme n'ait qu'à maintenir l'équilibre pendant la marche; mais on ne parvient à soulager l'ouvrier qu'en rendant la manœuvre du déchargement de la brouette plus difficile et même en diminuant l'espace réservé à la charge; aussi on a dû y renoncer. Nous trouvons cependant dans le *Portefeuille de l'Ingénieur de chemins de fer*, par MM Perdonnet et Polonceau, une note de M. Brabant sur les brouettes françaises comparées aux brouettes anglaises, que nous croyons devoir citer. La comparaison porte principalement sur l'application de la brouette au chargement des wagons de terrassement; mais nous pouvons dire que la brouette anglaise a une supériorité certaine non seulement dans ce cas, mais pour tous les autres usages des terrassements.

« La brouette étant l'appareil dont l'usage est le plus fréquent pour le transport des terres, beaucoup d'ingénieurs l'ont étudiée et ont cherché à la modifier en variant la position de la charge par rapport à celle de la roue, en augmentant le diamètre de la roue, en allongeant les brancards. Ces modifications ont eu peu de résultats, les ouvriers ont toujours préféré la brouette terrassière ordinaire..... Afin de fatiguer moins l'homme qui pousse la brouette, nous avons dit que quelques personnes avaient cherché à rapprocher de la roue le centre de gravité de la charge. Ce système serait avantageux dans le cas où on roulerait sur un plancher parfaitement résistant, uni et horizontal; mais dans les travaux les circonstances sont toutes différentes, et si le sol cède sous la charge de la roue, ou qu'un léger obstacle se présente, l'homme, qui ne peut exercer qu'un faible effort dans le sens horizontal, se trouve arrêté et ne peut vaincre l'obstacle; il préfère donc avoir sur les bras une plus forte partie de la charge, et dégageant ainsi sa roue, l'empêcher de s'enfoncer dans le sol, en général peu résistant, sur lequel elle s'appuie, ou lui permettre de surmonter plus facilement les obstacles que lui présente un chemin inégal et toujours couvert des terres et pierres tombées aux voyages précédents. Ajoutons encore que les charges étant ordinairement conduites en montant, la charge de la roue est encore un désavantage, car dans ce cas, on voit toujours l'ouvrier qui pousse une brouette se baisser pour amener la charge sur ses bras, dégager la roue, et exercer son effort le plus possible parallèlement au plan qu'il gravit.

« On peut donc considérer la charge de la brouette ordinaire comme bien placée par rapport à la roue, dans notre brouette terrassière, et ce n'est pas là qu'est l'inconvénient que présente cet appareil pour les travaux au moyen de wagons.

« Lorsqu'on exécute des travaux de terrassement par le moyen de chemins de fer, une fois la voie placée, il faut y amener les terres, ce qui se fait au moyen des brouettes. Il est donc convenable de pouvoir décharger directement de la brouette dans le wagon, sans quoi on a un jet de plus à effectuer pour toutes les terres ainsi déblayées; tandis qu'une fois les brouettes chargées, il est parfaitement indifférent sous le rapport de la dépense de les décharger auprès du wagon ou dans le wagon même.

« Cependant la brouette française ne peut pas se décharger sans se retourner presque complétement, ce qui nécessite que l'homme qui la conduit soit placé de manière à pouvoir faire ce mouvement, c'est-à-dire sur un espace très large. Dès lors, il faut, pour décharger de la brouette dans le wagon, établir au-devant de ce dernier un plancher, très lourd par suite de l'étendue qui lui est nécessaire, et dispendieux à changer de position; en sorte qu'en définitive, on préfère ordinairement déposer les terres près du wagon et charger à la pelle, ce qui occasionne une dépense considérable et fait souvent perdre en grande partie l'avantage des terrassements au moyen des wagons.

« En Angleterre, on emploie pour les terrassements une brouette dont les parois sont très évasées et les côtés très inclinés et n'ayant qu'une faible saillie sur le fond. Quant au centre de gravité de la charge, il se trouve placé, relativement à la roue et aux extrémités des brancards, exactement de la même manière que dans la brouette française. De cette disposition il résulte : 1° que le centre de gravité de la charge se trouve situé beaucoup plus bas, relativement aux brancards, que dans la brouette française, ce qui la rend plus stable et plus facile à conduire; 2° que le contenu peut être déchargé en inclinant la brouette sous un angle de 45 degrés, ce qui peut se faire en laissant la brouette porter toujours sur la roue, et sans que l'homme se déplace et se dessaisisse des brancards, de telle sorte que ce déchargement peut s'effectuer très promptement et par un ouvrier placé sur une planche très étroite. Le déchargement dans le wagon se fait dès lors avec la plus grande facilité, en plaçant au-dessus un simple madrier.

« Quant à la capacité de la brouette anglaise, elle est la même que celle de la brouette française. Cependant, en général, on la charge davantage sans que pour cela le roulage en soit plus difficile. Cela résulte des dispositions suivantes :

« La roue, qui est du même diamètre que celle employée en France, est en fonte au lieu d'être en bois. Son moyeu est terminé en pointe et lui sert d'axe, la jante n'a que 0m,025 d'épaisseur, et est terminée par une surface arrondie, tandis que dans la brouette française elle est large de 5 centimètres et plate. La brouette anglaise, avec cette roue de fonte, ne peut rouler que sur des planches. Mais sa roue étroite et à jante courbe écarte devant elle la terre et les pierres qui se trouvent sur son passage, et le roulage devient dès lors doux et facile. Dans la brouette française, au contraire, la jante de la roue étant large et plate, forme devant elle un bourrelet de terre et de pierres sur lequel elle monte, et qui, s'opposant à son mouvement, exige de la part de l'ouvrier des efforts très considérables et force à diminuer la charge qu'il conduit. »

Tout travail peut être ramené, comme point de comparaison, à un poids élevé à une certaine hauteur. Si l'on prend pour unité de la quantité d'action, 1 kilogr transporté à un mètre, on trouve par expérience que la quantité de travail utile fournie par un homme, travaillant dix heures par jour, marchant à une vitesse de 50 centimètres par seconde, et transportant 60 kilogr. de terre dans une brouette qu'il ramène à vide, est de 1.080.000 kilogrammètres. De ces nombres et du poids d'un mètre cube de terre, on peut facilement déduire la longueur du *relais* du transport à la brouette, pour enlever dans la journée une quantité donnée de terre. Ainsi, supposons qu'un piocheur fournisse 12 mètres par jour, le mètre cube pesant 1.820 kilogr., la longueur du relais sera d'environ 30 mètres. C'est à ce chiffre qu'on fixe le plus ordinairement cette longueur. Pour le transport vertical, on établit des rampes inclinées au dixième ou au douzième. La longueur des relais est alors de 20 mètres environ.

La formule dont on se sert, dans le génie militaire,

pour déterminer le nombre N de relais à parcourir, en admettant 1m,60 pour la hauteur verticale que rachète chaque rampe, est

$$N = \frac{H}{1.60}\left(\frac{D - \frac{H}{1.60} \times 20}{30}\right)$$

dans laquelle D représente la distance horizontale des centres de gravité du déblai et du remblai, et H la différence de niveau entre ces deux points. N ne peut jamais être moindre que $\frac{H}{1.60}$.

Nous trouvons dans l'ouvrage de M. Carl Etzel, sur l'organisation des grands chantiers de terrassements, des renseignements précieux sur le mode le plus convenable à employer pour disposer les ateliers de transport à la brouette.

Ainsi, pour attaquer un déblai, on divise la profondeur de la tranchée, parallèlement à la surface du chemin de fer, en tranches de 3 à 4 mètres de hauteur, et en longueur en parties de 30 mètres, sur chacune desquelles on établit un atelier. Quand la première tranche est enlevée, on attaque la seconde, en ménageant une rampe en sens inverse, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on parvienne au fond de la tranchée. Les rampes ont généralement 1m,50 de largeur, et le sommet de la rampe inférieure est séparé du pied de la rampe supérieure par un palier de 3 mètres environ. Elles doivent toujours être munies de planches bien propres, ou sur lesquelles, lorsqu'il pleut, on jette des cendres ou des décombres pour empêcher les travailleurs de glisser. Quand les rampes sont accolées deux à deux, on laisse également 3 mètres de distance entre leurs sommets.

Pour former un remblai, on y arrive par une suite de rampes qui, à mesure qu'elles approchent du couronnement du remblai, diminuent de largeur. Ces rampes doivent être disposées de manière que leur largeur, de 1m,50, se trouve moitié dans le profil définitif du remblai, moitié en dehors de ce profil, et que l'excédant de terre formant la saillie des rampes sur le talus définitif, compense ce qui manque au-dessus de la moitié intérieure, lorsque l'on dresse les talus.

Pour réduire au minimum les transports horizontaux, qui dans cette méthode sont presque entièrement perdus pour le résultat utile et définitif qu'on se propose, on emploie avantageusement des moyens mécaniques pour le transport vertical.

Après avoir commencé l'exploitation d'une tranchée au moyen d'une brouette, tant que le transport peut s'opérer sur des rampes accessibles, *perpendiculairement à l'axe de cette tranchée*, on établit dans l'inclinaison du talus de la tranchée, et perpendiculairement à son axe, de distance en distance, des plans inclinés sur lesquels le transport est continué par des chevaux.

Ces plans inclinés sont de diverses sortes, suivant qu'ils doivent recevoir des brouettes ou des wagons. Pour les brouettes, on établit deux voies en fortes planches, terminées par un plancher horizontal et espacées de 3 mètres. Dans l'axe de chacune des voies on place des poteaux munis de poulies, l'une en haut et l'autre en bas, au niveau du plancher; la corde qui passe sur les poulies d'un poteau est dirigée sur les poulies de l'autre au moyen d'un système de poulies de renvoi, de manière à ce qu'un cheval placé au bas du plan incliné puisse, par cette corde continue, enlever une brouette pleine et faire descendre en même temps une brouette vide.

Si l'on veut se servir de petits wagons, on substitue une voie de fer aux planches et on fait remonter ou descendre les wagons par un cheval. D'autre fois, et pour des tranchées considérables, on emploie une machine fixe à la manœuvre des wagons.

Nous avons vu, aux fortifications de Paris, une manœuvre très simple pour enlever les terres du fossé au dessus de l'escarpe. L'appareil consiste en un poteau avec des poulies. A une des extrémités de la corde, terminée par trois crochets, on attache une brouette qu'un cheval, attelé à l'autre extrémité, enlève rapidement au sommet du mur. Ces appareils sont toujours doubles, et placés à une distance telle l'un de l'autre que le cheval utilise l'aller et le retour. Cette méthode est expéditive et donne de bons résultats.

Transport au tombereau. Nous n'avons rien de particulier à dire sur ce mode de transport, qui se substitue à la brouette quand le nombre des relais devient trop considérable. Pour décider à quelle distance l'usage de la brouette est plus coûteux que celui du tombereau, il faut connaître les prix (qui varient suivant les localités) de la journée d'un rouleur et de celle d'un tombereau attelé d'un, deux ou trois chevaux. Une brouette porte environ 4 centièmes de mètre cube ; un tombereau à un cheval 37 centièmes, et à deux chevaux 80 centièmes de mètre cube. Un cheval transportant des matériaux, marchant à une vitesse de 1m,10 par seconde, et revenant à vide, produit dans la journée de dix heures 15.120.000 kilogrammètres. En général, pour les distances plus grandes que trois relais, il y a plus d'avantage à employer le tombereau que la brouette.

Transport par wagons sur chemins de fer. Nous diviserons, comme l'a fait M. Etzel, le travail du transport par wagons en trois périodes, savoir : le chargement des wagons, leur transport et leur déchargement. Le but de ce mode de terrassement est de compenser les déblais et les remblais, ou de faire servir les terres extraites d'une tranchée à former le remblai en avant ou en arrière de cette tranchée.

« La première condition à observer dans l'exploitation d'une tranchée, dit M. Etzel, est de donner au travail le front le plus étendu possible, afin d'obtenir un résultat suffisant dans un délai donné. On y arrive, d'une part, pour un déblai d'une profondeur très considérable, en le divisant en plusieurs couches ou assises, dont chacune est exploitée au moyen d'un système de voies de terrassement ; d'autre part, par la disposition particulière de ces voies de terrassement, qui n'est pas la même lorsque l'on peut employer aux travaux de terrassement des rails fabriqués exprès pour cet usage, ou lorsqu'on est obligé de se servir de rails définitifs. »

Nous nous bornerons à citer quelques exemples d'organisation des travaux au point de *chargement*.

Soit une tranchée à exploiter : on commence par enlever à la fois tout le profil de la tranchée, au moyen de brouettes et de tombereaux. Dès qu'on a gagné la longueur nécessaire pour l'emplacement d'un système de voies de terrassements, on pose sur le fond de la tranchée quatre voies parallèles à l'axe de cette tranchée, et espacées de 3 mètres d'axe en axe ; toutes ces voies se réunissent du côté du remblai à faire en une seule, qui se divise immédiatement après en deux. Le mode le plus simple pour le travail serait de placer un wagon sur chaque voie, les quatre wagons avançant parallèlement et chacun enlevant la partie du profil qui se trouverait devant lui ; mais il ne serait pas le plus avantageux, parce que le nombre des wagons qui pourrait être chargé à la fois serait trop restreint. On préfère pousser en avant les deux voies du milieu, qui enlèvent en l'attaquant de côté l'espace sur lequel doivent être avancées les deux voies extrêmes. On parvient ainsi à donner au front du travail un développement convenable, et à placer jusqu'à seize wagons qu'on charge simultanément. On ne peut cependant augmenter indéfiniment le nombre des wagons en chargement, à cause des manœuvres nécessaires pour les conduire à la décharge. Les wagons, dès qu'ils sont chargés, sont pris par des chevaux

et menés par différents changements de voie dans une voie de garage ; les chevaux ramènent immédiatement des wagons vides et vont reprendre les wagons pleins pour la décharge. A mesure que l'étendue de la tranchée augmente, on reporte en avant les changements de voie, pour perdre le moins de temps possible dans la manœuvre de la substitution des wagons vides aux wagons pleins.

Lorsque la profondeur d'une tranchée est peu considérable et sa longueur importante, on peut commencer son exploitation en plusieurs points, en établissant à la surface du terrain deux voies de transport sur les bords et tout le long de la tranchée à exploiter. Puis on attaque à des distances de 200 mètres environ des tailles qui descendent jusqu'au niveau du chemin. Dès qu'on a l'espace suffisant, on établit une voie dans le fond de la tranchée, et l'on continue comme nous l'avons dit plus haut.

Si la profondeur de la tranchée est considérable, on la divise en deux ou trois couches parallèles de 4 à 6 mètres d'épaisseur, et on les attaque, soit simultanément, soit successivement. Mais les assises supérieures étant très larges, il faut un plus grand nombre de voies de terrassement.

Les manœuvres nécessaires pour remplacer les wagons pleins par des wagons vides entraînent toujours une grande perte de temps, et il est de la plus haute importance de développer convenablement le front de chargement pour que cette perte soit un *minimum* ; nous renvoyons pour cette partie à l'ouvrage de M. Etzel. Ces manœuvres, du reste, changent ainsi que le mode de chargement, quand on doit se servir des rails destinés aux voies définitives, au lieu de rails fabriqués exprès pour ce genre de travaux, les dimensions des premiers n'admettant que des courbes d'un assez grand rayon. Dans ce cas, en effet, la longueur totale du système d'embranchement deviendrait trop considérable, le déplacement des voies trop difficile ; aussi, le cube à enlever dans un certain délai étant donné, on détermine le nombre de wagons nécessaires, et on les place tous à la suite les uns des autres sur une des voies du fossé qu'on a ouvert à profondeur. Le chargement a lieu au moyen de brouettes qu'on vide directement dans le wagon ou à la pelle.

On conduit les wagons à la *décharge*, soit avec des chevaux, soit avec des locomotives, suivant la distance à parcourir. On verra, par un tableau que nous donnons plus loin, à quelle distance il est préférable de se servir de locomotives. Quand on se sert d'une machine, il suffit d'une seule voie de transport, posée avec tout le soin possible et partagée à chaque extrémité en deux voies, sur une longueur suffisante au stationnement d'un nombre de wagons proportionné à l'étendue des ateliers établis aux points de chargement et de déchargement : on en règle le nombre par la condition que le temps nécessaire à leur chargement à l'une des extrémités et à leur déchargement à l'autre soit égal au temps que met la locomotive à faire le double voyage qui sépare ces deux points.

Pour le transport par les chevaux, on établit deux voies dont l'une est destinée exclusivement à la circulation des wagons vides, et l'autre à celle des wagons pleins : car les trains conduits par des chevaux étant composés d'un plus petit nombre de wagons et allant avec beaucoup moins de vitesse que les trains remorqués par une machine locomotive, on est forcé, pour apporter au service l'activité nécessaire, de faire partir un ou plusieurs trains, sans attendre le retour des trains précédents.

Lorsque la tranchée est exploitée en deux assises, on raccorde la voie de l'assise supérieure à celle de l'assise inférieure, pour parvenir au point de déchargement, au moyen d'une pente. Quand cette pente est faible, on le

TERRASSEMENT.

franchit, soit par des chevaux, soit même par la locomotive. Lorsqu'elle est trop forte, on établit un *plan incliné automoteur*, sur lequel le poids d'un train de wagons chargés descendant, est employé à remonter un train de wagons vides. Nous ne nous étendrons pas sur la manière dont est organisé le service des plans automoteurs. Les parties principales sont un tambour supérieur sur lequel s'enroule une corde dont chaque extrémité est attachée à un train montant ou descendant : cette corde est soutenue dans son trajet par la gorge de poulies placées de distance en distance.

Les retards dans les travaux d'un chantier de terrassement sont presque toujours causés par une organisation insuffisante du travail sur le point de déchargement ; on doit donc attacher la plus grande importance à le disposer de manière à pouvoir opérer la décharge d'un train de wagons dans le temps nécessaire à la charge d'un nouveau train. Il y a deux différents procédés pour atteindre ce but. On peut donner au remblai immédiatement toute sa largeur, en employant un rang de wagons placés perpendiculairement à l'axe du remblai et versant par devant. Dans ce cas les voies de déchargement se réunissent en une seule en arrière, qui se partage immédiatement en deux, l'une pour les wagons pleins, l'autre pour les wagons vides. Quand le remblai est considérable on le forme en deux assises. Mais on a reconnu par la comparaison des divers systèmes employés pour le déchargement : 1° Que la quantité de travail fourni augmente dans une proportion beaucoup plus faible que le nombre des voies de déchargement ; 2° que la perte de temps causée par une grande distance du point de stationnement des wagons destinés à la décharge à l'extrémité de la voie de déchargement, et par le déplacement d'un système de voies très compliqué, peut l'emporter sur l'avantage résultant de l'établissement d'une voie de déchargement de plus.

On a été conduit par cette considération à un second procédé imaginé par M. Clapeyron, pour les travaux de terrassement du chemin de fer de Saint-Germain, et qui permet de simplifier beaucoup le système de voies en réduisant le nombre des embranchements. Il consiste à pousser la formation du remblai sur la largeur d'une seule voie avec une grande rapidité en avant, au moyen d'un échafaud mobile, et à compléter le reste de la largeur du remblai par deux simples voies de déchargement.

Cet échafaud mobile a reçu le nom de *baleine* : c'est une poutre armée qui porte un chemin de fer sur lequel on place les wagons de terrassement qu'on vient de vider à l'extrémité d'un remblai en voie d'exécution. La baleine pose par une de ses extrémités sur le remblai et par l'autre sur un système de charpente qui lui-même est assis sur un petit chariot. Ce chariot est placé sur un petit chemin de fer auxiliaire établi sur le terrain au pied du remblai et que l'on enlève d'un bout, tandis qu'on le prolonge de l'autre, lorsque le remblai avance. Un wagon de terrassement étant vidé à l'extrémité du remblai, dans l'espace que laissent entre elles les deux branches parallèles de la baleine ; on le pousse à l'extrémité antérieure, on en fait autant pour le second et l'on continue jusqu'à ce que la baleine soit couverte de wagons vides. Un seul cheval les enlève alors et les reconduit au point de chargement.

On fait marcher la baleine en avant en faisant rouler le chariot qui la suppporte, et en poussant la partie qui pose sur le remblai au moyen de crics et de pinces.

Le déchargement des wagons avec des baleines se fait plus rapidement qu'avec des voies d'évitement. Ainsi, sur les grandes baleines employées aux chemins de Saint-Germain et de Versailles, vingt-quatre ouvriers déchargeaient dix wagons en quatre minutes : mais ces baleines coûtent 4.500 fr. et exigent des réparations

assez dispendieuses. Au chemin de Versailles (rive gauche), dans des circonstances à la vérité très favorables, l'on a déchargé, par jour d'un travail effectif de 15 heures, sur deux grandes baleines placées d'un seul côté de la tranchée, jusqu'à neuf cents wagons de la contenance de 1^{mc} 1/2, ce qui fait un volume de 1.350^{mc}.

En résumé, M. *Brabant* qui a fait d'importants travaux de terrassement au chemin de la rive gauche et au chemin de Lille, pose les principes suivants pour le déchargement :

1° Faire usage des baleines toutes les fois que les accidents de terrain ne sont pas trop brusques, quand la hauteur des remblais dépasse 3^{m} et que le cube a quelque importance ;

2° Proportionner les baleines à la hauteur et aux cube des remblais à faire ;

3° Décharger sans baleine avec évitement dans les remblais de peu d'importance, quand la hauteur est au-dessous de 2 ou 3^{m}, ou que le terrain est semé d'accidents fréquents qui donnent lieu à des tranchées et à des remblais dont les hauteurs varient brusquement, mais dont les volumes ne sont pas considérables ;

4° Enfin, décharger sans baleine et sans évitement, quand il s'agit seulement d'élargir un cavalier déjà formé, parce qu'alors ce rélargissement peut se faire d'une manière très prompte, avec de longues files de wagons de côté.

Nous ne pouvons mieux terminer cet article qu'en donnant à nos lecteurs un tableau, calculé par M. Brabant, et qui comprend les frais de terrassement de toute nature ; tels que fouille, charge, transport déchargement, régalage, frais de matériel et faux frais. Les chemins sont supposés horizontaux. Les prix des déblais transportés au wagon résultent de séries de prix établis d'après les travaux exécutés à la tranchée de Clamart. (Nous devons dire qu'on a sacrifié dans ces travaux l'économie à la célérité.) Pour les transports au tombereau, on a supposé que le tombereau attelé de deux chevaux avec son conducteur coûtaient 14 fr. par jour de 10 heures, que le temps perdu à la charge et à la décharge était de 1/40 de jour, que sur un chemin en terre deux chevaux peuvent traîner $0,80^{mc}$ de terre et parcourir 36000^{m} par jour ; enfin, que sur une route bien entretenue, deux chevaux traîneront 1^{mc} de terre et parcourront 36000^{m} également par jour.

Tableau de comparaison du prix de revient pour déblais transportés sur des chemins horizontaux.

DISTANCE des transports.	TRANSPORTS au tombereau sur		TRANSPORTS en wagons traînés par	
	des chemins de terre.	des routes entretenues.	des chevaux.	des locomotives.
	f.	f.	f.	f.
1000 mètr.	2.2195	1.7580	2.3085	2.3808
1500 —	2.7955	2.1470	2.5420	2.5783
1600 —	2.9107	2.2248	2.5887	2 6174
1700 —	3.0259	2.3026	2.6354	2.6565
1800 —	3.1411	2.3804	2.6821	2.6956
1900 —	3.2563	2.4582	2.7288	2.7347
2000 —	3.3715	2.5360	2.7755	2.7738
3000 —	4.5235	3.3140	3.2425	3.1648
4000 —	5.6755	4.0920	3.7095	3.5508
4500 —	6.2515	4.4810	3.9430	3.7513
4600 —	6.3667	4.5588	3.9897	3.7904
4700 —	6.4819	4.6366	4.0364	3.8295

Machines diverses employées aux terrassements. Nous avons dit que la fouille des terres s'exécute le plus généralement avec la pioche. Cependant on a proposé de fouiller mécaniquement le sol. Parmi les machines essayées, nous citerons la plus importante *l'excavateur américain*.

L'excavateur se composait à l'origine d'une machine à vapeur établie sur un bâti pouvant avancer par l'action même de la vapeur, d'une grue en bois ou en fonte et d'une énorme pelle armée de dents en fer. Cette pelle était mue par des chaînes allant d'un treuil, fixé à la machine, passer sur les poulies de la grue et agir à différents points de la caisse de la pelle : l'une de ces chaînes est destinée à forcer la pelle à s'enfoncer en terre, et les autres à la soulever et à la transporter lorsqu'elle est pleine. Lorsqu'elle est amenée au-dessus du terrain à creuser, on lâche un déclic et elle tombe de tout son poids sur la terre où ses dents s'enfoncent : la machine à vapeur agit alors sur une chaine qui traîne obliquement la pelle, de manière a ce qu'elle se remplisse, puis les autres chaînes l'enlèvent, la grue tourne sur son pivot et la pelle se décharge dans les wagons.

L'*excavateur américain* a été fort amélioré et construit sur de grandes dimensions. Il se rapproche maintenant beaucoup de la drague, comme le montre la figure de l'appareil tel qu'il est construit par M. Couvreux. Nous décrirons sa dernière construction à élinde pivotante pour l'exécution des tranchées.

Cette disposition a été adoptée dans le but de simplifier la commande des mouvements d'orientation et de translation. Un seul moteur devant, en effet, actionner tous les organes, on comprend qu'il fallait, pendant une rotation, toujours de même sens de la chaine à godets, pouvoir orienter à droite ou à gauche, c'est-à-dire faire tourner dans une direction ou dans l'autre, le mécanisme actionnant la partie supérieure.

Ces divers mouvements sont obtenus au moyen d'un mécanisme très simple qui offre quelque analogie avec le système adopté pour la commande des machines à percer radiales. L'arbre vertical repose à sa partie inférieure sur une crapaudine logée entre les deux pignons moteurs, et il porte à son autre extrémité, le pignon d'une roue calée sur un arbre horizontal. Cet axe intermédiaire est supporté par une pièce en fonte montée sur une deuxième crapaudine et assemblée avec la charpente de la chaîne à godets ; il reste toujours parallèle à l'arbre du tourteau qu'il commande au moyen de deux pignons autour desquels s'enroule une chaîne de Galle passant sur deux roues correspondantes de l'arbre du tourteau. Grâce à ce mécanisme, la chaîne à godets peut donc, sous n'importe quel angle, recevoir l'action du moteur.

Cette chaîne est construite à la manière ordinaire et elle est armée, suivant les cas, de godets pour le travail en fouille ou en butte. Une élinde pourvue de galets de roulement et maintenue à la hauteur convenable au moyen d'une bigue et d'un treuil, soutient le brin supérieur et le tourteau du bas. Elle passe dans un couloir en tôle qui est supporté en haut par la crapaudine dont nous avons parlé et en bas par des galets à axes horizontaux. Ce couloir appuie, au moyen d'autres galets à axes verticaux, contre une forte nervure circulaire fondue avec la plaque de fondation. Les galets à axes verticaux sont logés dans une pièce en fonte ; dans laquelle se trouve la couronne dentée servant à donner le mouvement d'orientation.

Ce mouvement vient de la machine par l'intermédiaire de deux pignons droits qui engrènent avec les roues folles d'un arbre intermédiaire. Des manchons d'embrayage rendent l'un ou l'autre de ces pignons solidaires de l'arbre de transmission ; par conséquent, celui-ci tourne à droite ou à gauche, suivant le pignon qui l'actionne. De plus, cet arbre porte en son milieu, une vis sans fin agissant au moyen d'une roue hélicoïdale pour faire tourner l'arbre vertical, sur lequel

se trouve le pignon qui commande la grande couronne dentée d'orientation. Enfin, c'est le prolongement de cet axe que l'on commande le mécanisme de translation, composé de roues coniques.

Un embrayage double, manœuvré par un levier à la main du mécanicien, permet d'obtenir soit l'arrêt des mouvements de translation et d'orientation, soit la mise en marche de l'un ou l'autre dans le sens voulu.

Au moment de leur passage sur le tourteau, les godets versent les terres qu'ils contiennent dans une trémie rivée sur le couloir et de là, ces produits tombent à l'intérieur d'un déversoir placé sur la toiture de l'abri du mécanicien. Ce déversoir est assez évasé pour recevoir les terres lorsque l'appareil avec sa trémie pivote sur son axe, à condition toutefois que l'angle formé de chaque côté de l'axe longitudinal ne dépasse pas 60°. Tous les produits du dragage sont ainsi ramenés sur un point unique d'où ils tombent dans les wagons.

Il suffit de rapporter à la suite de la trémie un déversoir spécial et de faire tourner l'appareil de 90° (le couloir est alors perpendiculaire au châssis) pour permettre à l'excavateur de travailler latéralement ou en élargissement, suivant la méthode ordinaire.

Dans le cas où l'on aurait à creuser une tranchée profonde, il serait facile d'arriver à une grande rapidité d'exécution. On pourrait en effet travailler à deux niveaux différents en faisant la partie large avec l'excavateur latéral, puis la partie inférieure et étroite de la tranchée avec l'excavateur pivotant. Dans ce cas, les godets montent pleins sur le brin supérieur de la chaîne et se vident naturellement au moment où ils passent sur les pans du tourteau; tandis que dans un excavateur travaillant en fouille, les terres extraites sont élevées par le brin inférieur et abandonnées dans la trémie de chargement, au moyen de godets dont le fond mobile s'ouvre au moment voulu.

Pendant le travail, dans les points où la chaîne reste tendue, on comprend que le fond mobile reste appliquée sur le godet; mais, au moment du passage de celui-ci sur les pans du tourteau, les deux maillons de tête de chaque série forment entre eux un angle qui détermine l'ouverture de l'auget et permet par conséquent l'échappement des terres dans la trémie.

L'excavateur est très précieux pour les grands travaux en terre meuble ou formés de cailloux, sans rocher ou banc de pierres. MM. Couvreux et Hersent en ont fait une grande et heureuse application pour l'élargissement du port d'Anvers et la construction d'une magnifique ligne de quais.

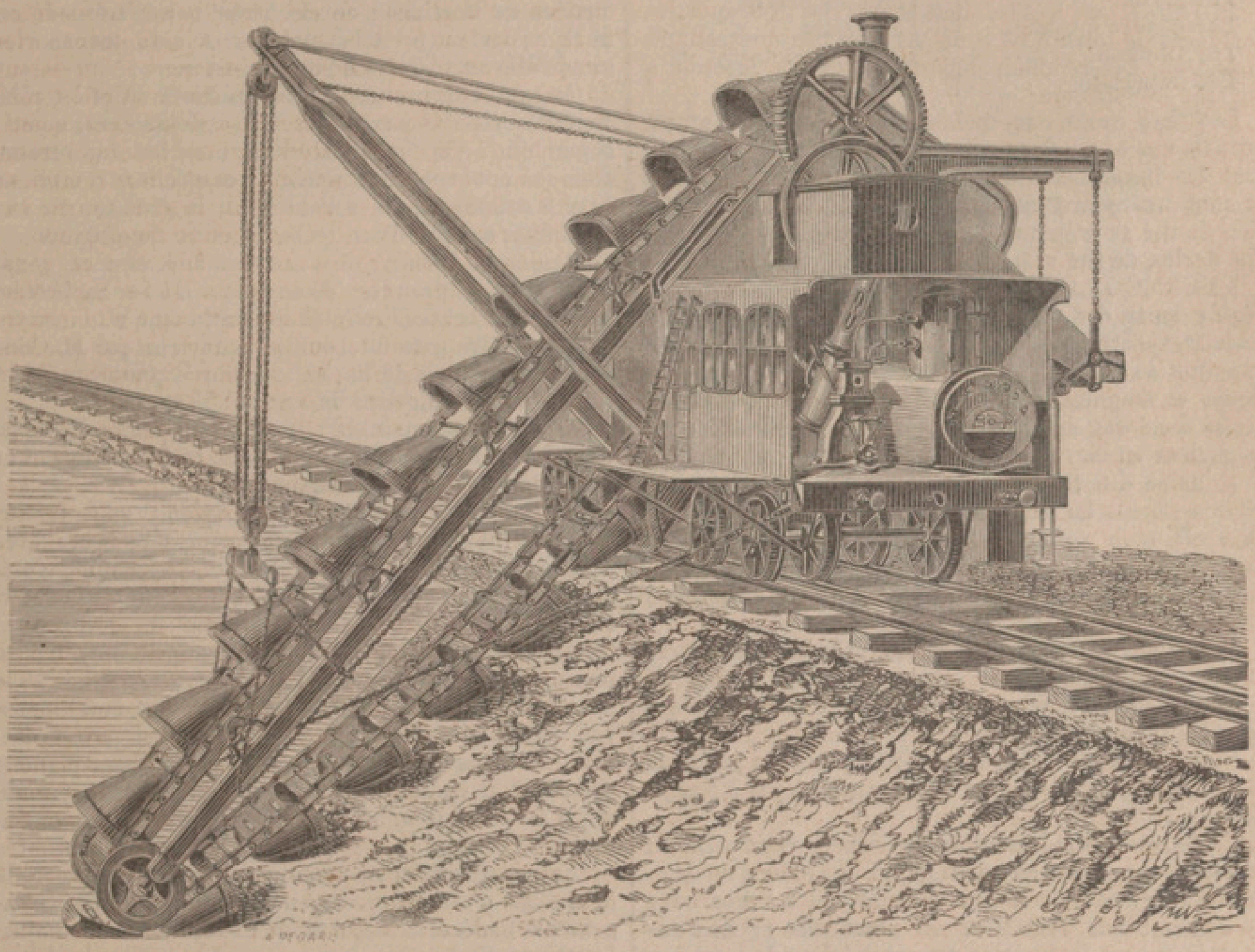


Fig. 1.

Les machines destinées à enlever et à transporter les terres ont été nombreuses dans les fortifications de Paris; mais très peu ont réussi. Nous citerons seulement la méthode employée au bois de Boulogne. On remplissait dans le fossé de petits wagons qui étaient enlevés par un manège à la hauteur du mur d'escarpe. Là, les wagons étaient placés sur un petit chemin de fer formé d'une seule file de rails. Ce chemin consiste en longrines sur lesquels on fixe le rail à une certaine hauteur au-dessus du sol. Ces longrines sont fixées à des poteaux montants: une poulie supporte la caisse du wagon au moyen d'un fléau en fer ou d'une tige coudée qui reporte le centre de gravité du système dans l'axe du chemin de fer. P. TOURNEUX.

TERRE CUITE. Voyez POTERIE.

THÉ. On donne le nom de Thé aux feuilles desséchées du *Thea viridis*, arbuste qui a assez de ressemblance avec le myrte, et qui est cultivé sur une très grande échelle en Chine. Après avoir cueilli ces feuilles; on les dispose sur des claies placées sous des hangars; on les fait ensuite sécher en les posant sur des plaques de métal placées sur des fourneaux et les agitant. Elles sont ensuite agitées ou froissées jusqu'à ce qu'elles s'enroulent et se frisent. Pour le thé noir les feuilles sont

préalablement exposées au soleil. Dans le commerce, on classe les thés en thés verts et thés noirs ; on dit qu'ils sont *perlés* ou *poudre à canon*, suivant qu'ils sont roulés en grains plus ou moins gros. Les principales variétés de thés connues dans le commerce sont, en commençant par les thés les plus communs:

En thés verts.	*En thés noirs.*
Thé Hayswen-Kine.	Thé Boa.
Thé Tonkay.	Thé Camphou.
Thé Hyson.	The Souchong.
Thé perlé.	Thé Campouy.
Thé poudre à canon.	Thé Pékao.
Thé Chulan.	Thé Anhay.
Thé impérial.	

Les thés verts ont une saveur astringente et piquante, une odeur forte ; ils sont très-excitants et causent des insomnies. Les thés noirs ont moins de force et sont moins aromatiques et moins excitants. L'infusion de thé se prépare souvent avec un mélange, à parties égales, de thé vert et de thé noir.

THERMO-ÉLECTRICITÉ. Le grand principe de l'équivalence des forces physiques qui a fourni les si curieux appareils étudiés à l'article EQUIVALENT MÉCANIQUE de l'électricité, les machines électro-magnétiques et magnéto-électriques, doit trouver sa vérification dans des appareils permettant la conversion de la chaleur en électricité. Les phénomènes qui vérifient ce principe, dits thermo-électriques, appartiennent à la science depuis les expériences de Seebeck, qui datent de 1821, mais pendant bien des années ils n'ont pu fournir de résultats industriels, les générateurs thermo-électriques ne rendant, en électricité, qu'une proportion très-petite de la chaleur dépensée.

Un important progrès, une nouvelle disposition de la pile thermo-électrique a singulièrement rapproché du but à atteindre, et un appareil de laboratoire est devenu un appareil d'atelier.

Nous parlerons d'abord des phénomènes en jeu dans ce genre d'appareils et des lois constatées par les physiciens.

L'expérience fondamentale de Seebeck était celle-ci: on forme un rectangle métallique, à l'aide d'un barreau de bismuth soudé par ses extrémités à une lame de cuivre; dans l'intérieur on place une aiguille aimantée et tout le système est amené dans le méridien magnétique.

Si l'on chauffe l'une des soudures, la déviation de l'aiguille indique la production d'un courant électrique; si l'on chauffe l'autre soudure, le courant change de sens, comme le montre la déviation inverse de l'aiguille.

Becquerel a montré que la production d'électricité par la chaleur apparaissait dès qu'il n'y a pas symétrie dans un conduit métallique, au point de vue de l'état moléculaire de la substance conductrice dont il est formé. Il le prouve par l'expérience suivante :

Un fil de platine est relié par ses deux extrémités aux pôles d'un galvanomètre; on forme une spirale en tordant une partie de la longueur de ce fil, et on chauffe le fil d'un côté de la spirale, à l'aide d'une lampe à alcool. La spirale produisant une résistance, un courant électrique se manifeste dans le galvanomètre.

Il suit de là qu'on établira un *couple thermo-électrique* en soudant l'un à l'autre deux métaux différents. En mesurant les effets obtenus avec les divers métaux, on les a rangés dans l'ordre suivant: antimoine, fer, zinc, or, plomb, étain, argent, platine, bismuth; chaque métal étant positif, par rapport à celui qui le suit et négatif par rapport au précédent.

L'antimoine et le bismuth étant placés aux deux extrémités de l'échelle, devaient être les éléments de la pile la plus énergique et ont été en effet seuls employés tant qu'on n'a pas songé à faire usage que des métaux purs. Pour accroitre les effets, on multiplie les éléments, on forme une chaine thermo-électrique, à laquelle on a donné une forme commode pour lui faire tenir peu de place et chauffer en même temps les soudures de rang impair, en les rapprochant de manière à en faire un cube maintenu par une monture en cuivre. C'est avec ces éléments que Melloni et Nobili construisirent leur appareil électrique, de la plus admirable sensibilité pour reconnaître les moindres traces de chaleur, mais absolument insignifiant comme producteur d'électricité.

Théoriquement, cependant, le problème de la conversion de la chaleur en électricité paraît très-soluble, si l'on parvient à bien déterminer scientifiquement les conditions auxquelles il faut satisfaire.

On peut trouver une grande analogie entre les phénomènes électro-thermiques et les phénomènes calorifiques, ainsi que l'a montré Clausius dans des recherches qui l'ont conduit à assimiler une chaine thermique à une machine mue par la chaleur. Partant du fait expérimental que d'une part, dans un couple thermo-électrique de bismuth et d'antimoine, le courant passe au point de contact chauffé du bismuth à l'antimoine, et au point de contact refroidi de l'antimoine au bismuth, et que d'autre part un courant extérieur qui traverse le couple anéantit de la chaleur dans la première direction et en produit dans la seconde, il en conclut que le point de contact maintenu chaud correspond à la partie chauffée de la machine à calorique, et le point de contact maintenu froid au condenseur.

Il nous paraît, dit De la Rive, qu'on peut comparer ce qui a lieu dans ce cas avec ce qui se passe avec un fluide élastique. Si on le chauffe, il produit par son augmentation de pression un travail mécanique, mais s'il produit ce travail mécanique par sa simple dilatation, il se refroidit en absorbant une quantité de chaleur équivalente à ce travail. De même si on chauffe le point de contact des deux métaux, il se produit un travail mécanique moléculaire qui détermine un courant; mais si on produit ce même courant autrement qu'en chauffant, il en résulte un travail moléculaire qui absorbe de la chaleur et par conséquent occasionne un refroidissement.

Il demeure évident pour nous, que la propagation de la chaleur n'est qu'un moyen de déterminer des changements moléculaires qui donnent naissance aux manifestations électriques, comme la propagation de l'électricité n'est à son tour qu'un moyen de produire des perturbations dans l'état des particules, qui entraînent une rupture dans l'équilibre de la température.

On voit, en poursuivant dans cette voie, combien les phénomènes thermo-électriques sont propres à faire comprendre comment la chaleur se convertit en électricité et l'électricité en chaleur. Nous n'insisterons pas davantage sur ces considérations purement théoriques et passerons à la description des appareils qui font passer les piles thermo-électriques dans la pratique des ateliers, résultat immense, même théoriquement, car leur vulgarisation, leur construction et leur maniement par une foule de personnes conduira bientôt à perfectionner ces appareils, c'est-à-dire à la production très-économique de l'électricité par la conversion presque intégrale de la chaleur en électricité.

C'est en abandonnant les métaux purs, en employant des sulfures, des oxydes et enfin des alliages que l'on s'est avancé vers le succès.

Becquerel avait reconnu qu'un couple formé de cuivre pur et de cuivre sulfuré à sa surface donnait un courant plus intense que les couples purement métalliques. Plus tard, Bunsen expérimenta le couple formé par de la pyrite de cuivre et un alliage d'antimoine et d'étain, et obtint des résultats très-supérieurs à ceux connus auparavant.

M. Ed. Becquerel reprit l'étude de l'emploi des sul-

fures métalliques. Il reconnut que la faculté thermo-électrique des corps est exclusivement dépendante de leur état physique, observation remarquable qui ouvrait la voie qui devait conduire au succès. Le couple maillechort et sulfure de cuivre chauffé vers 5 à 600 degrés équivaut à 1/4 d'un couple à sulfate de cuivre.

MM. Mure et Clamond trouvèrent avantage à remplacer le sulfure de cuivre par le sulfure de plomb, par la galène et surtout combinèrent leur heureuse disposition des couples en couronne, autour de la source de chaleur, sur laquelle nous revenons ci-après. Le sulfure de plomb se grille un peu moins rapidement que le sulfure de cuivre, mais la destruction ne tarde pas longtemps. Cette difficulté a disparu dans l'appareil dont il nous reste à parler.

La propriété la plus remarquable des piles thermo-électriques, dit M. du Moncel, est la grande constance des courants qu'elles fournissent. Cette propriété a été utilisée, dès l'origine, dans les recherches de Pouillet sur les lois des courants électriques, dans celles de Melloni sur la polarisation que la chaleur éprouve lorsqu'elle traverse certaines substances ; plus tard, Becquerel s'en est servi pour constater et observer de loin la température des lieux inaccessibles.

Les effets de grande énergie ont été obtenus par M. Edmond Becquerel, en employant le maillechort accouplé avec un mélange de nickel et de cadmium, et c'est de cette manière que sont faites les piles de ce genre fabriquées par M. Rumkorff. La disposition qui permet d'employer des températures élevées est due à M. Farmer, de Boston, qui fit voir deux de ses modèles à l'Exposition universelle de 1867. Elle a été adoptée et considérablement améliorée par MM. Clamond et Mure, quand ils présentèrent à l'Institut, en 1869, une pile formée de sulfure de plomb, ou galène, et de fer, qui donnait des effets intenses, mais qui n'avait ni solidité, ni durée, ni constance, à cause du grillage et du fendillement de la galène.

M. *Clamond* a repris seul la solution de ce problème, et, abandonnant la galène, il est revenu à l'emploi des alliages métalliques qui lui ont permis de construire un appareil d'une stabilité et d'une durée remarquables. Il a conservé toutes les dispositions dont l'expérience avait démontré les avantages; il a continué à prendre le fer pour l'un des éléments, et il a formé l'autre élément d'un alliage d'antimoine et de zinc. Pour avoir une marche constante et empêcher l'augmentation graduelle de résistance intérieure, il fallait s'opposer à l'oxydation des contacts des lames polaires, et empêcher le fendillement et la séparation du barreau en différentes parties par des plans perpendiculaires à sa longueur. La première condition a été remplie par un plissement de la lame de fer, qui présente au contact la forme d'une ou plusieurs charnières, lesquelles, lors de la coulée de l'alliage, sont prises dans la masse fondue et enveloppées de métal. La deuxième condition a été réalisée en coulant l'alliage, lorsqu'il est à une température peu supérieure à celle de sa solidification, dans un moule échauffé près du point de fusion. On s'oppose ainsi à une tendance vers la cristallisation qui produirait des fissures ou plans de clivage, suivant lesquels la masse tendrait à se diviser.

Cette pile, représentée dans la figure ci-contre, se compose de cinq couronnes annulaires superposées, dont chacune couvre une surface de 7 décimètres carrés ou en tout 35 centimètres carrés. Chacune d'elles contient dix éléments du poids de 200 grammes qui sont groupés en tension, et sont séparés par des lames d'amiante. Ces couronnes peuvent être réunies en tension ou en quantité, suivant les besoins; trois d'entre elles équivalent à un élément de Bunsen de $0^m,18$ de hauteur; ce générateur a donc une force électro-motrice qui est à celle d'un élément de Bunsen comme 5 est

à 3. M. *Clamond* fait, suivant les besoins, des éléments de poids très-différents, depuis 50 grammes jusqu'à 4 kilogrammes, et il a reconnu, par expérience, que la

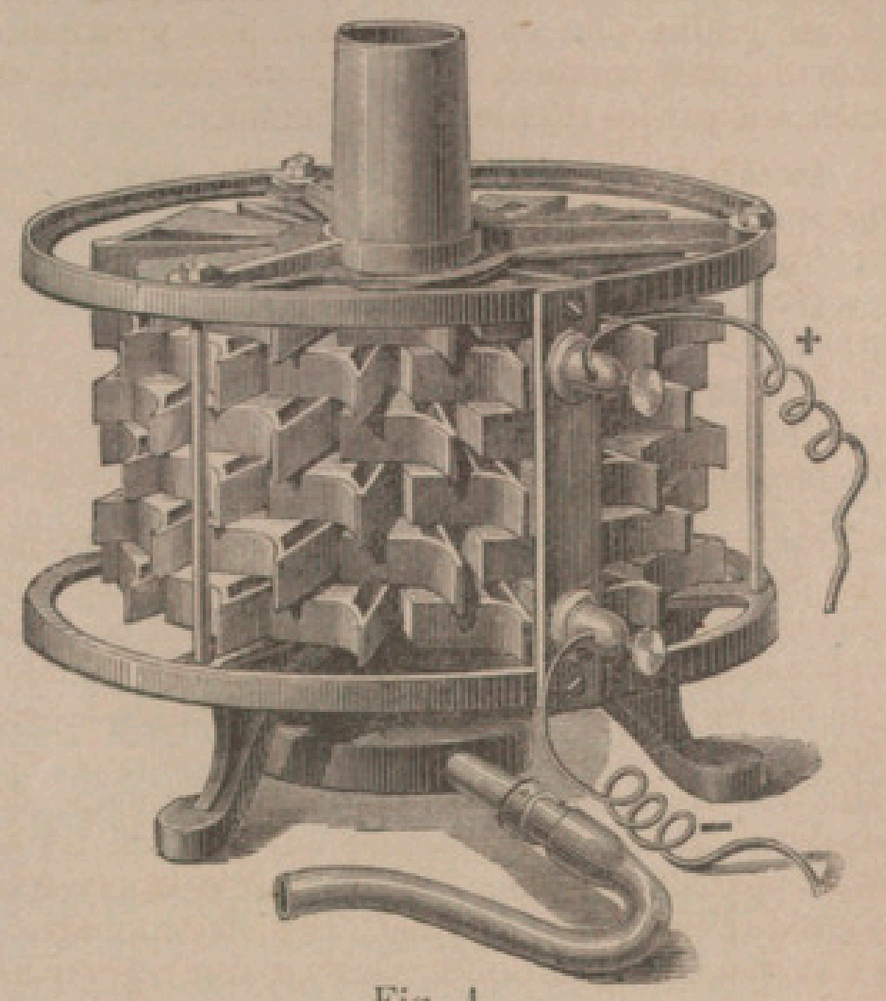


Fig. 1.

quantité de cuivre déposée par l'action du courant est proportionnelle au poids des éléments.

La chaleur est produite par un tuyau central en terre réfractaire, percé de trous. Le gaz, mélangé à l'air, sort de l'intérieur de ce tuyau, et vient brûler dans la surface annulaire comprise entre le tube et les barreaux. La dépense de gaz est constante et fixée par un régulateur.

Cet appareil fonctionne d'une manière régulière dans plusieurs ateliers de galvanoplastie, et, en dépensant 170 litres de gaz à l'heure, valant, environ, 5 centimes, il fait déposer 20 grammes de cuivre par heure. Le prix du dépôt est ainsi de 2 francs 50 centimes par kilogramme. Ce générateur d'électricité est remarquable par sa constance; une fois installé et réglé, il marche pendant des mois entiers, sans entretien ni surveillance aucune.

THERMOMÈTRE. On nomme ainsi les instruments destinés à mesurer les températures. La notion de température est surtout fondée sur la constatation d'effets produits par la chaleur dans une circonstance déterminée. La dilatation des corps étant l'effet le plus facile à constater, c'est sur la mesure de celle-ci qu'est fondé le thermomètre.

La régularité de la dilatation des gaz fait que le plus exact de tous les thermomètres est le thermomètre à air, mais comme il est d'un usage peu commode, celui généralement employé dans l'industrie, sans nous occuper du thermomètre à air employé seulement pour les recherches scientifiques, se compose d'un tube renfermant un liquide, ordinairement du mercure, quelquefois de l'esprit-de-vin. Par le contact du corps chauffé le liquide du thermomètre se dilate, et c'est la grandeur de cette dilatation qui est prise pour mesure de la température.

Cette notion du thermomètre fera facilement comprendre le but des précautions que l'on doit prendre pour sa construction, et que nous allons exposer en peu de mots:

Le thermomètre est formé d'un tube cylindrique, à l'extrémité duquel est soudé un réservoir contenant une quantité de liquide considérable, relativement à celle qui est renfermée dans le tube, dont le diamètre est très-petit, la dilatation mesurée étant celle du liquide diminuée de celle de l'enveloppe. Pour le remplir de

mercure, on chauffe le réservoir et on plonge l'extrémité ouverte dans un vase renfermant du mercure chaud. A mesure que le réservoir se refroidit, le mercure monte dans l'intérieur du tube, arrive dans le réservoir et le remplit en partie.

Retournant alors le tube, on chauffe le réservoir jusqu'à l'ébullition du mercure, dont la vapeur chasse l'air renfermé dans le tube ; le retirant subitement du feu, on le retourne dans le mercure chaud, qui remplit l'appareil. Enfin, on chauffe encore, pour que le mercure se dilate assez pour atteindre l'extrémité du tube, qu'on ferme alors à la lampe.

Il ne reste plus qu'à graduer le thermomètre. Pour cela, on le plonge dans la glace fondante, et l'on marque le point où le mercure reste stationnaire; c'est le zéro de l'échelle thermométrique. On le plonge ensuite dans l'eau bouillante, et l'on marque d'un trait le point où s'arrête la colonne de mercure; ce point est l'autre extrémité de l'échelle. Dans le thermomètre centigrade, cette échelle comprend cent divisions (que l'on reporte au delà des deux points extrêmes). Dans le thermomètre Réaumur, cet intervalle était divisé en 80 parties seulement; 4 degrés Réaumur égalent donc 5 degrés centigrades.

Les Anglais emploient le thermomètre de Farhenheit, dont l'échelle diffère beaucoup de la précédente. Le zéro du thermomètre centigrade correspond au 30e du thermomètre Farhenheit, et le degré 100 au 212e du même thermomètre. L'échelle au lieu d'être de 0 à 100° est donc de 32 à 212, c'est-à-dire divisée en 180 parties. Or, 180 : 100 :: 9 : 5, donc pour convertir un nombre de degrés Farhenheit en degrés centigrades, il faut en retrancher 32 et multiplier le résultat par 5/9.

Le thermomètre à alcool et le thermomètre à mercure s'accordent nécessairement aux deux points qui ont servi à fixer l'échelle ; dans l'intervalle, ils peuvent s'écarter l'un de l'autre et s'écartent réellement, ainsi que le montre l'expérience. On conçoit en effet que si, dans certaines conditions, le thermomètre à mercure marque 20° par exemple, c'est que sa température correspond à une dilatation du mercure, comptée à partir de zéro, égale à 20 fois la centième partie de sa dilatation totale entre zéro et 100°; le thermomètre à alcool étant placé dans les mêmes conditions et prenant la même température, rien ne prouve que le liquide différent qu'il renferme doive éprouver aussi une dilatation égale à la même fraction de sa dilatation totale entre zéro et 100 degrés, c'est-à-dire qu'il doive marquer 20° comme le thermomètre à mercure.

On distingue dans les thermomètres deux sortes de sensibilités, qui sont deux propriétés bien distinctes. La première est la propriété de se mettre rapidement en équilibre de température avec les corps environnants : elle dépend surtout de la petitesse du réservoir. La seconde est celle d'apprécier avec exactitude de petites variations de température : elle exige que le degré occupe sur la tige une longueur suffisante pour pouvoir être subdivisée en un certain nombre de parties égales; un thermomètre satisfera d'autant mieux à cette dernière condition, que son réservoir sera plus gros et sa tige plus capillaire.

Les machines à diviser la ligne droite s'appliquent utilement à la construction exacte des échelles thermométriques.

Thermomètres métalliques. On se sert quelquefois de la dilatation des métaux pour apprécier des températures élevées, sans chercher toutefois à les évaluer en degrés comparables à ceux du thermomètre centigrade. Nous parlons ci-après de cette application aux hautes températures ; mais disons d'abord quelques mots du thermomètre métallique de Bréguet, qui peut être employé pour les températures peu élevées, et dont les indications sont très-promptes par suite de la grande conductibilité des métaux pour la chaleur.

Cet instrument se compose de trois bandes très-minces de platine, or et argent, soudées ensemble et contournées en hélice. L'extrémité supérieure de cette hélice est fixée à une tige métallique; l'autre porte une aiguille légère qui marche horizontalement sur un cadran. L'inégalité de dilatation fait tordre la bande métallique et, par suite, dérouler l'hélice. Les divisions du cadran indiquent le nombre de degrés.

Pyromètres. Les pyromètres métalliques se composent en général d'une barre d'argent ou de platine, plongée dans le foyer de chaleur et sortant à l'extérieur. Un levier coudé ajusté à une pièce peu dilatable, comme une bande de porcelaine cuite, sur laquelle butte l'extrémité de la barre métallique, et poussé par celle-ci et l'autre branche, indique sur un cadran l'effet produit. On a employé aussi un compas en platine, entre les branches duquel on place une barre qui, en se dilatant, repousse les deux branches.

Il est évident que de semblables instruments ne peuvent être que des moyens de reconnaître si on obtient la température convenable à une opération industrielle, et nullement de la mesurer, ce qui est en effet l'indication habituellement cherchée dans l'industrie. Aussi, le plus souvent, se guide-t-on par l'effet même de la température. Ainsi, pour apprécier si la température d'un four à porcelaine est convenable, on peut retirer de temps à autre des pièces d'essai, sur lesquelles on juge l'action de la chaleur.

Le pyromètre de Wedgwod est fondé sur la propriété de l'argile de se contracter par la cuisson. Il consiste en deux règles de cuivre convergentes entre lesquelles on place une boule d'argile d'une longueur déterminée, dont la longueur diminue en raison de la température élevée à laquelle il est soumis. (V. *Complément*, THERMOMÈTRE.)

THERMOSTAT. Voyez RÉGULATEUR DU FEU.

TIMBRE. Une plaque, un corps en vibration se divise pour ainsi dire toujours en plusieurs parties qui vibrent séparément, indépendamment de la vibration principale. Si les vibrations de ces parties existaient seules, nous aurions un son plus aigu que celui qui correspond à la vibration principale supposée seule. La coexistence des deux modes de vibrations engendre donc un son composé, et l'on peut concevoir un tel son formé d'un grand nombre de sons simultanés, rendus par un même corps sonore, et parmi lesquels le son le plus grave, qui correspond à la vibration principale, domine parce qu'il est plus intense; on l'appelle le son fondamental. Les cordes surtout se subdivisent avec la plus grande facilité, et suivant une loi très-simple. Les subdivisions sont toujours d'égales longueurs, et les nombres des vibrations secondaires sont des multiples exacts du nombre des vibrations principales; de sorte que les intervalles des sons supérieurs au son fondamental sont toujours les nombres entiers 1, 2, 3, 4, etc. On appelle ces sons les *harmoniques* du son fondamental.

Toutefois, cependant, tous les sons composés, formés par l'ébranlement d'un corps, ne sont pas formés par les harmoniques de son fondamental. Par exemple, quand on frappe une cloche, l'oreille distingue aisément les sons divers qui sont simplement mêlés. Ce genre de sons n'est pas harmonieux, est désagréable. Celui dans lequel il n'entre que les harmoniques du fondamental est le vrai son musical; c'est pour lui que doit se définir le *timbre*. L'oreille ne saurait alors reconnaître les sons composants ; tous ces sons se fondent en quelque sorte entre eux, forment un assaisonnement du son fondamental, en lui donnant un caractère tout particulier qui varie avec l'instrument.

On démontre expérimentalement que les notes harmoniques des sons musicaux, loin d'être une illusion de l'ouïe, ont une existence parfaitement réelle.

Si l'on prend une corde métallique tendue sur une caisse d'harmonie, en l'ébranlant convenablement, nous ferons entendre le son fondamental mêlé avec ses harmoniques. Mais on peut, en variant le mode d'ébranlement, augmenter l'intensité de tel ou tel de ces harmoniques, et alors nous changerons le timbre de ce son fondamental. Par exemple, si on fait prédominer les harmoniques les plus élevés, le timbre ressemblera à celui de la même note rendue par la trompette.

C'est à M. Helmholtz qu'est due cette belle découverte du timbre, dont la nature était restée complétement obscure jusqu'à lui.

Il résulte de ces expériences que le timbre d'un son est réellement produit par la combinaison de plusieurs notes simples d'intensités différentes, et qui appartiennent à la série harmonique. Cette explication peut sembler contraire au témoignage de nos sens, puisque d'ordinaire nous ne nous rendons pas compte de l'existence de plusieurs notes dans un son musical.

Mais il faut distinguer ici entre la perception ou sensation, qui est complexe, et l'impression que reçoit l'esprit, qui est *une*. Ainsi, l'oreille perçoit bien plusieurs notes, lorsqu'une corde de violon fait entendre le *fa;* mais l'ensemble de ces notes n'éveille en nous que le souvenir d'un *fa* particulier, du *fa* de violon, car nous n'avons aucun intérêt direct à analyser autrement l'impression que nous produit cette note. La physiologie nous offre un grand nombre d'exemples d'illusions tout à fait semblables, ainsi; nous regardons comme des couleurs simples des teintes que le prisme décompose en une infinité de nuances. La théorie de la vision binoculaire montre avec évidence que, pendant toute notre vie, nous voyons doubles tous les objets.

Nous ne nous rendons pas plus compte de la nature complexe d'un son musical que nous ne nous apercevons de la duplicité de l'image d'un objet que nous regardons avec les deux yeux; et c'est cependant cette duplicité qui produit l'impression du relief, ainsi que cela est démontré par les effets du stéréoscope. Le timbre est le relief des sons.

Nous ne sommes accoutumés qu'à distinguer entre eux les sons de différents instruments ou les voix de plusieurs personnes; et dans ce cas, nous avons encore à notre disposition, en dehors du timbre, une foule d'autres caractères distinctifs qui nous facilitent le jugement, par exemple les petits bruits qui précèdent ou suivent la production du son, sa durée, sa force, ses intermittences et ses variations, et d'autres propriétés individuelles. Mais le timbre, en tant que son complexe, n'est décomposé par l'oreille dans ses éléments constitutifs que lorsqu'elle a été formée à cette tâche.

On appelle *fourniture* un jeu d'orgue formé de trois à sept tuyaux d'étain pour chaque note, qui sont accordés dans le rapport des consonnances harmoniques. Les tuyaux de chaque note sont à l'octave ou à la quinte les uns des autres; quelques organiers y font entrer la tierce, surtout ceux d'Italie, qui l'emploient toujours dans leur *ripieno*. Cet assemblage de petits tuyaux résonnant avec les grands et confondant leur son de manière à ne plus produire qu'une sensation douteuse, réuni aux jeux de fond, donne le plein jeu; effet qui donne une idée très-juste de la nature du timbre.

Une des plus remarquables découvertes de M. Helmholtz consiste dans la composition du timbre des voyelles.

Prenez un diapason qui donne *si bémol*$_4$, et tenez-le à la main devant votre bouche; le son est très-faible et vous l'entendez à peine. Prononcez une des voyelles E, I, O, U à voix basse, et le diapason ne s'entend pas davantage. Mais prononcez de même la voyelle A, et le son *si bémol*$_4$ devient très-distinct. Évidemment il est renforcé par la résonnance de l'air contenu dans votre bouche. Vous pouvez prononcer un A grave ou un A aigu, et l'effet est exactement le même. Le résultat ne changera pas si l'expérience est faite par une autre personne, quel que soit le sexe et l'âge. Quelle est l'explication de ce singulier phénomène?

Lorsqu'on prononce la voyelle A, le larynx émet un son composé d'harmoniques : le son fondamental peut changer et c'est lui qui détermine la hauteur; mais la bouche se dispose toujours de manière à renforcer le terme de la série harmonique partie de ce son, qui est le plus voisin de *si bémol*$_4$: elle constitue un résonnateur accordé pour cette note, et c'est la résonnance de l'air qu'elle contient alors qui donne au son le timbre de la voyelle A. La vibration des cordes vocales dans le larynx donne la hauteur; la résonnance de la bouche donne le timbre. La grandeur de la bouche n'influe pas, parce que sa résonnance dépend à la fois de l'écartement des lèvres, et du volume d'air qu'elle contient : en diminuant l'ouverture et le volume d'un résonnateur on peut lui conserver la même résonnance.

A chaque voyelle correspond une note spécifique. Ainsi le timbre de O est obtenu quand la bouche est disposée de manière à faire résonner *si bémol*$_3$.

On trouve donc une seconde démonstration du principe de M. Helmholtz dans la synthèse artificielle des voyelles. Imaginez une série de diapasons dont les sons fondamentaux forment une suite de sons harmoniques. qui comprend *si bémol*$_4$. En faisant vibrer simultanément tous ces diapasons on aura un son composé, dont la hauteur sera celle du son le plus grave de la suite harmonique : si l'intensité du son *si bémol*$_4$ est assez grande pour qu'il prédomine, on aura le timbre de la voyelle A. Comme la même suite renferme *si bémol*$_3$ on pourra au contraire renforcer cette note, et le son composé prendra le timbre de la voyelle O.

Il ne faut pas confondre ces recherches scientifiques avec l'imitation de la voix humaine. Les consonnes résultent de certains bruits dus au mouvement de la langue et des lèvres, ils accompagnent le son des voyelles dans la prononciation des mots. On a cherché à imiter ces bruits à l'aide de membranes et l'on est parvenu à faire entendre les mots papa, maman, assez grossièrement.

TIRAGE. L'emploi industriel des combustibles est très-loin, dans la pratique, de permettre l'utilisation complète de leur puissance calorifique. Prenons pour exemple un des cas les plus avantageux, celui du chauffage d'une chaudière à basse pression. L'expérience apprend que 1 kilog. de houille y produit 6 kilog. de vapeur, soit $650 \times 6 = 3900$ calories, tandis que la combustion *parfaite* de la houille en produit 7050. Il se produit donc une perte de 44 p. 100 dont la majeure partie est utilisée à déterminer le tirage, et la moindre est due au refroidissement du fourneau. Cette perte, nécessaire pour le tirage, qui s'élève à 50 p. 100 pour les chaudières à haute pression, ne peut-elle être diminuée? Est-il dans beaucoup de cas un mode de tirage préférable à l'emploi des cheminées? Telle est la question que M. Grouvelle a traitée dans un article intéressant publié en 1834, dans la *Revue Européenne*, et auquel nous empruntons la majeure partie de ce qui suit, en y ajoutant les résultats de recherches plus récentes.

Nous ne nous occupons dans cet article que du tirage au point de vue de la meilleure utilisation possible du combustible dans les foyers où il est brûlé complétement. Quant aux fourneaux des usines métallurgiques qui dégagent souvent des quantités considérables de gaz combustibles, il est clair qu'il faut employer

ceux-ci à alimenter un nouveau foyer, comme il a été dit aux articles COMBUSTIBLES, FER, etc.

Passons en revue les procédés de tirage qu'il est possible d'employer suivant les cas.

Il y a quatre procédés bien distincts pour établir le tirage dans un fourneau :

1° Par la température élevée et la légèreté relative de l'air brûlé, dont une partie de la chaleur a été seulement utilisée;

2° Par la pesanteur relative de l'air brûlé et complétement refroidi ;

3° Par la puissance d'un jet de vapeur ;

4° Par les moyens mécaniques.

1° *Tirage par la fumée à moitié refroidie.* Ce procédé, le seul qui soit employé jusqu'à présent dans toutes les industries, a le défaut grave de nécessiter une perte considérable de combustible, sur laquelle les remèdes partiels appliqués n'ont eu que bien peu d'influence, car cette perte est la condition même de son existence.

Un bon tirage ne peut en effet être obtenu dans une cheminée qu'autant que les produits de la combustion conservent une température de 350° à 400°; il en résulte une perte de chaleur nécessaire et qu'on ne saurait éviter sans changer de système. Mais ce procédé est d'une application si facile, si éprouvée, si universelle, qu'il doit, dans la plupart des cas, servir de base au système de construction employé. En effet, partout, les appareils de chauffage établis ont été destinés à ce genre de tirage ; et pour pouvoir être adoptée dans les ateliers, l'application des autres procédés ne doit pas exiger un changement complet qui serait trop difficile ou trop inquiétant.

C'est sur les modifications à apporter dans les principes et les proportions suivant lesquelles sont établis tous les fourneaux de ce système, qu'ont été dirigés les travaux et les recherches de tous les constructeurs. Il en est résulté des règles assez générales aujourd'hui, pour obtenir les meilleurs résultats possibles dans l'emploi des cheminées. (Voyez CHEMINÉE.)

2° *Tirage par l'air brûlé refroidi.* Ce procédé est très peu connu et n'a encore été l'objet que de tentatives partielles et de quelques résultats heureux de la part de M. d'Arcet. Cependant il peut avoir de très heureuses applications dans des circonstances déterminées, surtout en l'ajoutant à un autre procédé. Il présente en effet cette condition avantageuse, que, au contraire du procédé ordinaire dans lequel on obtient d'autant plus de tirage que l'on perd plus de chaleur, lui, par son principe même, n'admet aucune perte, et que le tirage y est d'autant meilleur que la chaleur développée dans le foyer a été mieux utilisée avant le dégagement de la fumée au dehors.

Avec le procédé ordinaire, il faut employer une quantité d'autant plus grande de chaleur à rendre la colonne d'air brûlé assez légère, pour un bon tirage, que cet air brûlé contenant environ un huitième ou un dixième de son volume d'acide carbonique, serait, à égalité de température, plus lourd que l'air extérieur non brûlé.

Mais dans le système dont il est ici question, c'est l'excès même de poids de l'air brûlé sur l'air frais, à température à peu près égale, que l'on emploie pour produire le tirage. En laissant donc tomber l'air brûlé, et complétement refroidi de l'étage supérieur d'un bâtiment dans une cheminée descendante, l'excès de poids de la colonne d'air brûlé rendu plus lourd par l'acide carbonique qu'il contient, déterminera le tirage, et entraînera une colonne d'air pur à travers le foyer, les appareils et les conduits destinés à absorber la chaleur.

On voit immédiatement qu'en disposant ces appareils, quand le travail à faire et les localités le permettent, de manière que la colonne d'air chauffé et brûlé par le foyer monte et courre ensuite horizontalement aussi longtemps qu'elle est plus légère que l'air extérieur, et qu'au moment précis où elle est assez refroidie pour devenir plus lourde, elle tombe dans la cheminée descendante, adossée au bâtiment, on aura toutes les conditions les plus avantageuses pour obtenir un excellent tirage, sans aucune perte de chaleur.

Dans ce procédé de tirage par l'air froid brûlé, la condition essentielle est de ne pas laisser monter la colonne d'air, dès qu'elle a acquis une densité égale à celle de l'air extérieur, et de ne pas la laisser descendre, avant qu'elle ait acquis cette densité ou une densité supérieure, parce que dans le premier cas, on chargerait inutilement la colonne d'air chaud, et l'on diminuerait sa force ascensionnelle : dans le second cas, on diminuerait le poids et la vitesse de la colonne descendante d'air froid, ce qui de toute façon ralentirait le tirage.

La température à laquelle l'air brûlé à moitié, tel qu'il sort ordinairement des foyers, a une densité égale à celle de l'air pur à 0°, est de 15° à 16° centigrades. Dans la plupart des fourneaux, l'air est plus qu'à moitié brûlé, ce qui le rend plus lourd encore.

Pour que le tirage soit bon, il faudra donc abaisser jusqu'au-dessous de ce point la température de la fumée.

Si la température extérieure de l'air atmosphérique est plus élevée que 0°, l'air sera plus léger, et alors même une différence de 15° entre la température de l'air brûlé et celle de l'air pur compensera l'excès de poids du premier sur le second. A ce degré, l'air, en y comprenant la quantité d'eau produite par l'hydrogène contenu dans le combustible, si le combustible est de la houille, emporte une quantité de chaleur égale seulement à 2 p. 100 de la chaleur totale dégagée par le combustible.

Avec ce combustible, l'eau produite est encore facilement emportée en vapeur par l'air à 15°, sans qu'il y ait aucune condensation dans les conduits. Avec le bois, la perte sera de 3 p. 100, mais 2/3 de la vapeur produite se condenseront dans les tuyaux qui devront être disposés en conséquence ; cette quantité condensée s'élèvera à près de 0^k, 400 environ par chaque kilogr. de bois. Si, au contraire, on voulait éviter cette condensation, il serait nécessaire de ne pas laisser descendre l'air brûlé au-dessous de 42° ou 43°, et la perte de la chaleur par la fumée s'élèverait alors à 12 p. 100 du combustible consommé. A cette température, il n'y aurait plus tirage de haut en bas, parce que l'air brûlé serait plus léger que l'air pur à 0°.

En pareil cas, il serait nécessaire de faire descendre le courant de fumée au dehors, dans un tuyau en tôle ou cuivre, placé autant que possible du côté du nord pour que la vapeur se condense, et l'air se refroidisse jusqu'à 10° ou 12° au moins pour produire le tirage.

Il serait mieux encore d'envelopper le tuyau d'une gaîne en bois dans laquelle on ferait passer de l'air dont on se servirait quand il aurait été ainsi échauffé, soit pour la ventilation des ateliers, soit pour fournir à un calorifère ou à un séchoir.

On voit que par ce moyen, si le bâtiment se trouve placé près d'une rivière sur laquelle on puisse jeter cette fumée, on évitera de la verser dans l'air, d'où elle porte souvent sur les terrains environnants des flocons de suie très fâcheux dans plusieurs industries, comme la fabrication des toiles peintes. On pourrait alors condenser ainsi toute la suie.

En résultat définitif, on voit que le tirage par ce procédé ne coûterait que 3 à 4 p. 100 du combustible consommé.

3° *Tirage par un jet de vapeur.* Ce procédé de tirage est connu depuis fort longtemps ; il a été utilisé chez les anciens qui plaçaient au-dessus de leurs foyers une boule de bronze destinée à injecter par un petit orifice un jet de vapeur dans leurs cheminées pour en aug-

menter le tirage. Vitruve en parle positivement, et il se trouve rapporté dans la *Caminologie* et dans quelques autres ouvrages.

En laissant de côté, pour un instant, son application si capitale aux locomotives, pour d'autres emplois industriels, il était complétement resté inappliqué, lorsqu'il a été employé de nouveau d'une manière remarquable par M. Pelletan, qui ignorait peut-être tous les travaux antérieurs, et qui a saisi avec sagacité le principe de ses effets. Le jet de vapeur produit un vide autour de lui, et appelle ainsi toute la colonne d'air en lui donnant un mouvement rapide de translation; d'où résulte un tirage extrêmement fort dans les carneaux et dans le foyer. Ce phénomène est certainement analogue à celui qui a été observé par M. Poncelet, dans les tuyères des hauts fourneaux. Il a vu, en effet, que la force du courant d'air chassé dans le creuset du haut fourneau est beaucoup plus grande quand le bout du porte-vent est placé à l'entrée de la tuyère, que lorsqu'il y est engagé complétement et qu'il la ferme hermétiquement. Il se produit alors un vide autour de ce jet d'air qui sort avec une vitesse considérable en se dilatant, et entraîne avec lui une grande quantité de l'air environnant. C'est ce que M. Pelletan a fort bien observé dans le cas d'un jet de vapeur, et il s'en est servi pour entraîner l'air d'un cylindre dans un autre, dans une machine à monter de l'eau. Il avait fondé sur cet appel de l'air plusieurs machines ingénieuses, notamment une turbine à vapeur, qui n'a pas donné de résultats pratiquement utilisables.

Cette disposition si importante pour obtenir des combustions rapides, et qui a trouvé une si belle application dans les locomotives, n'offre pas d'avantages au point de vue de l'économie. Il paraît prouvé par l'expérience de chaque jour, que le tirage produit par la vapeur envoyée directement dans une cheminée, et perdue ensuite entièrement au dehors avec la chaleur qu'elle contenait, et à la température encore assez élevée qu'elle conserve, coûte autant, pour le moins, que le tirage ordinaire à l'air chaud; tant par la quantité de chaleur qui la constitue et qui est perdue, que par la perte déjà faite dans la production même de cette vapeur.

Recherches expérimentales sur le tirage par la vapeur. L'application si étendue de ce moyen de tirage aux locomotives, dont il a créé la puissance de vaporisation, a fait naître d'intéressantes recherches sur la mesure des effets produits en raison des divers éléments qui sont à considérer dans chaque cas particulier. Ces éléments sont : la pression de la vapeur, la grandeur et la position de l'orifice de sortie de cette vapeur, la section et la longueur de la cheminée, enfin la grandeur de l'orifice d'entrée de l'air.

M. Zeuner à Zurich, et MM. Nozo et Geoffroy à Paris, ont cherché à déterminer expérimentalement les relations de ces divers éléments en projetant un jet de vapeur sortant d'une tuyère d'orifice variable, dans une cheminée en tôle de position et de dimensions également variables.

Nous donnerons d'abord les résultats obtenus par M. Zeuner.

La longueur de la cheminée paraît indifférente, tant qu'elle ne descend pas jusqu'au triple de son diamètre, auquel cas la vapeur ne la remplit pas assez pour empêcher l'air extérieur de s'y précipiter et de produire des remous latéraux.

Quant à l'écartement du bas de la cheminée et de l'orifice de la tuyère, son influence est à peine sensible tant que la tuyère n'est pas abaissée au point de permettre au jet de vapeur de s'épanouir en une nappe plus grande que la section de la cheminée ; ou bien qu'elle ne soit élevée jusqu'au niveau de la base de la cheminée ou même dans l'intérieur de celle-ci. Alors la dépression intérieure se trouve nulle dans le premier cas, et fort amoindrie dans le second, parce que sans doute la vapeur fait l'office d'un obturateur qui arrête les masses d'air appelées vers la cheminée. M. Zeuner indique, comme le plus convenable, un écartement égal à une ou deux fois le diamètre de la cheminée.

Quant à la relation qui existe entre le tirage et la pression de la vapeur, à l'influence des sections des passages offerts au mouvement de l'air, l'expérience démontre les faits suivants :

La pression de la vapeur variant de 1/4 en 1/4 d'atmosphère depuis 1/4 jusqu'à 2 atmosphères pour une tuyère de 10 millim. de diamètre, et depuis 1/4 jusqu'à 1 3/4 atmosphère pour une tuyère de 14 millim. de diamètre, dans l'une et l'autre de ces circonstances, le rapport des sections de la cheminée et de la tuyère ayant varié depuis 225 jusqu'à 8, dans la boîte ouverte où pénétrait l'air et où se dégageait la vapeur le tirage est proportionnel à la pression de la vapeur, à la différence entre sa force élastique et la pression atmosphérique.

Ce curieux résultat n'est autre chose que la confirmation de la puissance de la machine locomotive en tant qu'appareil en quelque sorte vivant, capable d'augmenter ses efforts, puisqu'elle montre que la production de vapeur croît avec la dépense de celle-ci, employée à la fois à produire le mouvement et à activer la combustion.

La différence entre la pression atmosphérique et la pression du mélange d'air et de gaz dans la boîte à fumée d'une locomotive, dépend des rapports qui existent d'une part entre la section F'' de l'entrée de l'air et la section F de la tuyère, et d'autre part entre la section F' de la cheminée et la section F de la tuyère.

Si nous appelons m la valeur du second rapport $= \frac{F'}{F}$ et n celle du premier $= \frac{F''}{F}$ et ξ la différence de pression, la dépression; si nous faisons successiveme

$$n = 8,\ 16,\ 32,\ 64,\ \text{etc.}$$

à chacune de ces valeurs correspondra une valeur de m, savoir :

$$m = 12,\ 26,\ 46,\ 91,\ \text{etc.}$$

qui rendra ξ un maximum.

Quant à la valeur de la dépression correspondant aux rapports m et n et à la force élastique de la vapeur, elle est implicitement exprimée dans la valeur de la quantité d'air appelé, et qui peut se déduire soit de calculs que permet la théorie mécanique de la chaleur, en faisant un seul tout de la force vive mécanique et de celle moléculaire qui a la forme de chaleur latente ou spécifique, force vive dont la variation est égale au travail élémentaire de la résultante des pressions qui agissent sur une tranche du fluide, soit expérimentalement à l'aide d'anémomètres placés dans des tubes de diamètres connus, par lesquels on fait passer l'air.

M. Zeuner a déduit de ses calculs les conséquences suivantes :

La quantité d'air appelé décroît proportionnellement à la racine carrée de la pression du jet de vapeur.

A chaque valeur de n correspond une valeur de m pour laquelle la vitesse de l'air est un maximum.

L'étendue de la section F'', par laquelle l'air pénètre, a une influence limitée sur le tirage; celui-ci croît d'abord proportionnellement à cette ouverture, puis moins rapidement jusqu'à n'éprouver aucune variation. Ainsi pour $m = 8$ et 16 qui sont les valeurs les plus caractéristiques dans les limites des expé-

riences, la masse d'air appelé ou le tirage cesse d'augmenter avec n à partir de $n = 2\,m$.

Les expériences de MM. Nozo et Geoffroy confirment les résultats précédents ; nous n'indiquerons que ceux particuliers auxquels ils sont parvenus.

1. Une cheminée de section donnée produit le tirage maximum lorsque sa hauteur est égale à sept fois son diamètre, et cela quelle que soit d'ailleurs la section de passage des gaz, celle de l'échappement et la pression de la vapeur.

2. Une masse de vapeur dépensée dans un certain temps sous différentes pressions, c'est-à-dire dans la pratique des locomotives *avec différentes sections de tuyères,* et avec la cheminée la plus favorable eu égard à chacune de ces sections, produit un appel proportionnel à la pression : par conséquent d'autant plus considérable que la section de la tuyère est plus petite, ou que la vitesse de la décharge est plus grande.

3. Une tuyère multiple, agissant sur une cheminée tubulaire, devra appeler, à travers une résistance donnée, une quantité d'air égale à celle qu'appellerait une tuyère unique d'une section égale à la somme des sections partielles, appliquée à une cheminée unique d'une section égale à l'ensemble des sections de la cheminée tubulaire, avec cet avantage, qu'il suffit de donner aux tubes de la cheminée tubulaire une hauteur égale à six ou huit fois leur diamètre.

4. Les expériences relatives à la longueur et à la section des cheminées ont porté à croire que le tirage dans les locomotives n'est produit que par l'entraînement de la vapeur et que la direction de la cheminée devait être sans conséquence. C'est ce que l'expérience faite avec des cheminées horizontales a pleinement confirmé ; résultat important dont M. Pétiet a tiré un excellent parti pour la construction des grosses locomotives du Nord à quatre cylindres, en profitant de la place occupée habituellement par la cheminée verticale pour agrandir considérablement la chaudière surmontée par une cheminée presque horizontale.

Recherches de M. Siemens. M. Siemens, dans une série de recherches évidemment inspirées par l'injecteur Giffard, a montré tous les avantages que pouvait présenter une bonne disposition des ajutages pour conduire l'air et la vapeur de manière à éviter des pertes de forces vives utiles par tourbillonnement.

La figure 4 donne une section longitudinale de l'injecteur perfectionné; le jet de vapeur très-mince a la forme d'une colonne cylindrique, vide à l'intérieur, et qui s'échappe d'un orifice annulaire formé par les deux tuyères coniques, entre lesquelles la vapeur est amenée par un tuyau qu'elles enveloppent. La tuyère intérieure peut être avancée ou reculée au moyen d'une vis à main, ce qui permet de diminuer ou d'augmenter la section de l'orifice, et de régler à volonté la sortie de la vapeur. L'air — ou le gaz — sur lequel la vapeur doit agir est introduit par le tuyau supérieur, au moyen d'un second orifice également annulaire qui entoure le premier, et aussi par la partie centrale de l'appareil restée creuse à cet effet. Le tuyau dans lequel se fait l'injection de la vapeur affecte, à la partie inférieure, la forme conique, de façon à former, avec la tuyère extérieure, un troisième orifice annulaire, capable de faire converger l'air très-rapidement vers l'axe du tuyau, au moment de son passage, et dont on règle la section en ajustant convenablement la tuyère, au moyen d'un écrou fixé à sa partie inférieure. Au delà de l'orifice du nez des tuyères, le tuyau conserve encore une forme légèrement conique permettant de maintenir la convergence déjà indiquée, sur une longueur qui varie avec la section de l'orifice annulaire extérieur dont nous venons de parler, et aussi avec la pression de la vapeur employée; la longueur la plus favorable est comprise entre douze et vingt fois la largeur de l'orifice en question. Le but que l'on se propose est, en adoptant cette disposition, d'assurer le mélange complet de la vapeur et de l'air dans cette chambre; au delà, et jusqu'à son extrémité, le tuyau augmente constamment de diamètre, en prenant une forme parabolique. Quelquefois, pour empêcher la production d'une sorte de tourbillonnement au milieu des courants qui se combinent, on place au centre de la tuyère intérieure une sorte de fuseau terminé en pointe.

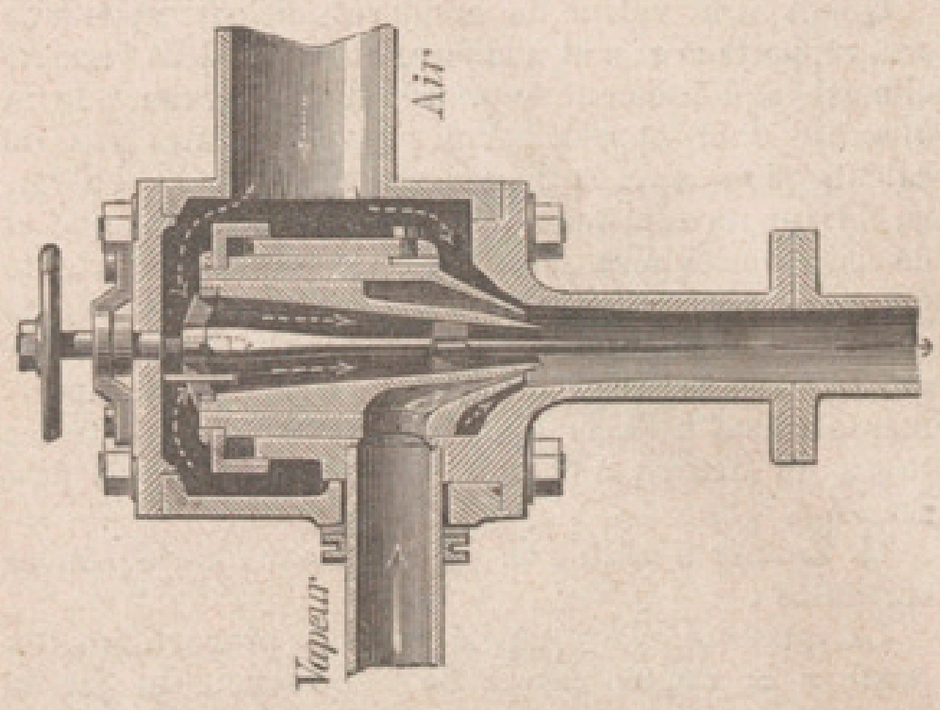
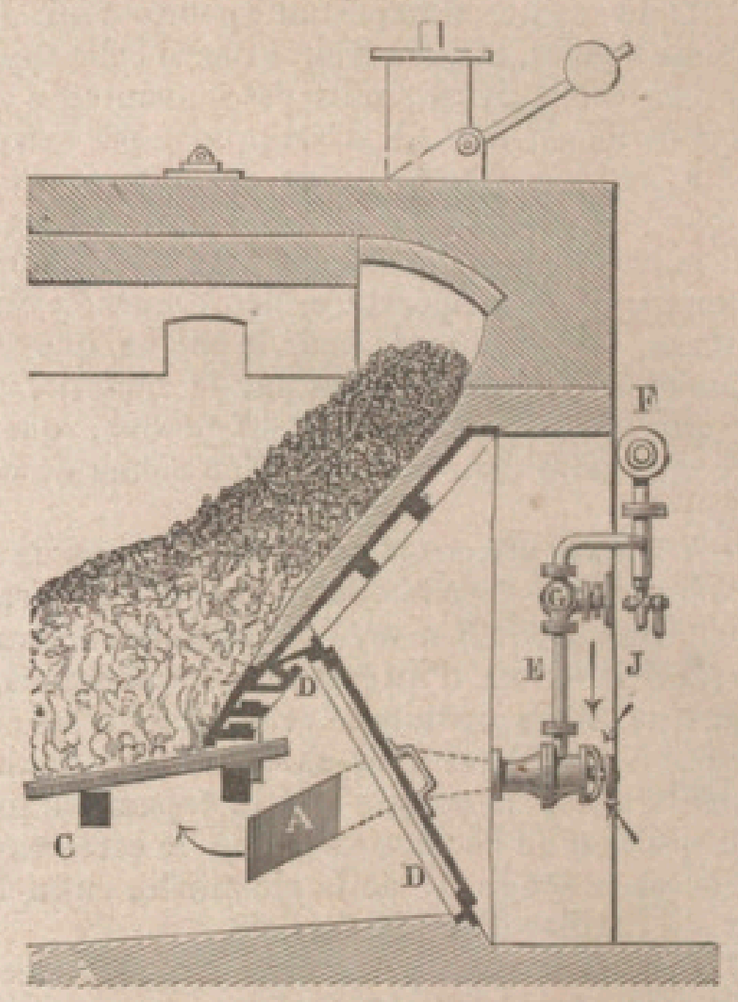


Fig. 4.

Fig. 2.



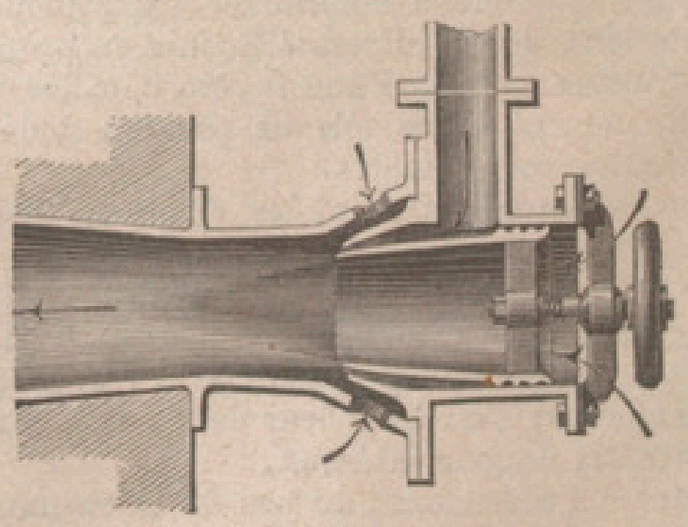


Fig. 3.

L'ensemble de ces dispositions permet d'obtenir un effet utile bien plus grand dans les diverses applications que l'on en a vues.

Une longue série d'expériences faites avec un injecteur ainsi établi, tantôt pour l'aspiration, tantôt pour la compression de l'air, a conduit l'inventeur aux conclusions suivantes:

1° La quantité d'air que débite, par minute, un injecteur dépend, pour une tension déterminée de vapeur, de la surface de contact ménagée entre l'air et la vapeur;

2° La perfection du vide obtenu et l'intensité de la pression atteinte dépendent de la tension de la vapeur employée, toutes choses égales d'ailleurs.

Le tableau ci-après donne quelques résultats obtenus avec l'appareil employé encore comme *aspirateur* pour faire le vide dans un récipient clos mesurant $6^{mc},378$. Les quatre dernières colonnes montrent le vide produit, évalué en millimètres de mercure, tandis que la première colonne fait connaître le temps pendant lequel l'aspirateur a continué son action. La pression de la vapeur dans la chaudière était de $3^{k},24$ par centimètre carré, et la section de l'orifice annulaire livrant passage à la vapeur variait de 32 à 129 millimètres carrés.

DURÉE DE L'OPÉRATION.	Section de l'orifice annulaire de l'injecteur en millimètres carrés.			
	32	65	97	129
Minutes.	Vide estimé en millimètres de mercure.	Vide estimé en millimètres de mercure.	Vide estimé en millimètres de mercure.	Vide estimé en millimètres de mercure.
1....	223	254	235	216
2....	331	343	343	343
3....	368	380	413	400
4....	394	394	438	432
5....	400	402	457	451
6....	»	»	470	464
7....	»	»	476	470

M. Siemens a proposé plusieurs applications de son souffleur; nous citerons ici celle qui nous paraît la plus intéressante.

Soufflerie des fours Siemens. L'auteur a eu occasion d'employer fréquemment l'injecteur comme soufflet pour accélérer la distillation du combustible dans ses fours à gaz, comme le montrent les figures 2 et 3.

L'appareil soufflant est placé dans un des murs latéraux du four, et le courant combiné d'air et de vapeur qui en sort se rend par l'ouverture A dans l'espace C qui se trouve au-dessous de la grille du foyer et est fermé par les portes D. La petite quantité de vapeur qui entre avec l'air est juste suffisante pour faciliter la production de gaz combustible : en passant à travers le combustible incandescent, elle se convertit en hydrogène et en oxyde de carbone. La vapeur est amenée à l'injecteur par la conduite E qui se détache d'une conduite maîtresse F, approvisionnant un certain nombre d'appareils destinés à toute une série de fours. Une soupape G est ménagée dans la conduite E pour fermer le passage à la vapeur vers les injecteurs qui ne sont pas en service, et un petit robinet sert à se débarrasser de l'eau qui pourrait se former dans la conduite par condensation.

Ces souffleries appliquées à la production du gaz ont présenté les avantages suivants : elles permettent l'emploi de la poussière de charbon de la plus mauvaise qualité; en même temps elles doublent la production du gaz de chaque four consumant ce combustible pauvre; enfin elles améliorent la qualité du gaz par la production de l'hydrogène que forme la vapeur d'eau mélangée à l'air.

4° *Tirage par les procédés mécaniques.* Le quatrième procédé de tirage est le tirage mécanique dans lequel la vitesse est imprimée à l'air par une machine mue soit par un cours d'eau, soit par une machine à vapeur, soit par un moteur animé. Deux systèmes de machines y sont employés : les souffleries à piston, et les ventilateurs qui ne doivent l'être en général que quand la pression à laquelle on a besoin de travailler n'est pas considérable.

Il est bien reconnu aujourd'hui que la vitesse à imprimer à l'air qu'exige la combustion d'une quantité donnée de combustible coûte théoriquement plus cher quand on se sert pour la lui imprimer du combustible même, comme d'habitude, que quand on emploie un moteur convenable, quand son emploi est possible. Clément et Péclet l'ont clairement démontré.

Les *machines soufflantes* ne sont pas employées en général pour économiser les dépenses de tirage, mais bien pour donner à celui-ci une grande énergie qui détermine une combustion très-active et par suite produit la chaleur nécessaire aux opérations industrielles. Mais elles pourraient être employées, et celles qui ne consomment pas un trop grand travail en résistances passives le sont quelquefois, pour obtenir une économie dans des cas où le refroidissement de la fumée peut être obtenu utilement comme pour chauffer l'eau des bains, ou l'air des ateliers, ou pour produire la ventilation des mines, etc.; car il est évident que si la fumée devait sortir à 300°, il n'y aurait rien de mieux à employer qu'une cheminée, puisqu'à cette température le tirage physique y a lieu sans dépense accessoire.

Il est facile de montrer la supériorité du mode de tirage par procédé mécanique, dans des cas où il est applicable, sur le tirage obtenu par la chaleur. Soit à faire passer à travers un fourneau la quantité d'air nécessaire pour brûler 60 kilog. de houille par heure, soit 960 mètres cubes d'air; il suffira, avec un ventilateur, d'employer la force d'un homme ou le sixième d'un cheval-vapeur, qui ne coûte pas en houille brûlée plus de 1/2 kil., tandis qu'avec le procédé ordinaire le tirage coûterait 25 à 30 kil. de houille.

Aux bains Vigier, à Paris, un homme faisant tourner un ventilateur, aspirant les produits de la combustion qui traverse l'eau destinée aux bains, suffisait pour faire brûler par heure 85 kil. de bois équivalant à peu près à 42 kil. de houille; ce qui correspond à peu près aux résultats susénoncés et montre que le tirage mécanique ne coûte pas plus de 1 p. 100 du combustible.

Remarquons qu'il est plus économique au point de vue du travail de lancer l'air plutôt que de l'aspirer, puisque dans le premier cas c'est l'air froid qui est envoyé dans le foyer, tandis que dans le second ce sont les produits de la combustion qu'il s'agit d'aspirer, c'est-à-dire un volume beaucoup plus grand, par l'effet de la chaleur, d'acide carbonique, d'azote et d'oxygène ayant échappé à la combustion.

TIROIR. Voyez DÉTENTE et MACHINE A VAPEUR.

TISSAGE (*angl.* weaving, *all.* Weberei). Le tissage, envisagé dans l'ensemble des moyens mis aujourd'hui en usage pour produire des étoffes de tout genre, est devenu un des arts industriels les plus difficiles et les plus compliqués.

Desmarets, dans un intéressant et savant mémoire adressé à l'Académie des Sciences, sur les tissus trouvés dans des tombeaux, distingue trois époques tranchées dans l'histoire des progrès du tissage.

La première signale l'établissement de plusieurs rangs de lisses sur les métiers horizontaux par les tisseurs grecs d'Alexandrie. La seconde comprend les travaux de l'industrie gauloise, attestés par Pline et Ammien Marcellin. La troisième nous donne ceux de l'industrie française qui a produit les étoffes trouvées dans les tombeaux de Saint-Germain-des-Prés.

Si aux moyens de tissage décrits dans les passages

TISSAGE.

que nous venons de citer, nous comparons les métiers à tisser employés de nos jours par les peuplades sauvages, qu'on peut supposer leur avoir été transmis d'âge en âge, on restera convaincu que le système de tissage le plus anciennement pratiqué se rapprocherait le plus de celui que nous connaissons sous le nom de système à *basses lisses*. L'examen attentif d'un métier dont se servent les naturels de l'île Oualan que M. le capitaine *Duperrey*, membre de l'Institut, a rapporté de l'un de ses voyages autour du monde, nous a confirmé dans cette opinion. M. Duperrey, en nous montrant ce métier, a eu l'obligeance de nous faire voir les espèces de ceintures-au tissage desquelles il est exclusivement employé (les naturels ne portant pas d'autres vêtements). Nous avons pu admirer le goût des dessins de ces bandes façonnées, ainsi que leur parfaite exécution.

Les progrès contemporains dans l'art du tissage consistent principalement dans l'établissement du travail mécanique pour les étoffes simples et unies, et dans la simplification des métiers qui servent aux tissus ornés. Des améliorations secondaires, qui ne sont cependant pas sans importance, sont venues s'ajouter aux premières et concourir pour leur part aux progrès que l'on remarque dans les différentes parties de l'art du tissage tel qu'on le pratique aujourd'hui.

Notions générales du tissage. Avant de décrire la série des opérations par lesquelles on transforme les fils en étoffes, nous croyons convenable de résumer aussi succinctement que possible la méthode générale du tissage après avoir indiqué les caractères fondamentaux de toutes les étoffes. Cette exposition nous permettra d'aborder plus facilement la classification des tissus et de rendre plus intelligible tout ce que nous aurons à dire dans cet article.

Un tissu, ou une étoffe de nature quelconque, est une surface flexible et élastique de dimensions données, formée par l'entrelacement régulier de fils soumis à une certaine tension et dont la superposition détermine l'épaisseur du tissu.

La liaison des fils de presque tous les tissus (nous indiquerons plus loin ceux qui font exception) s'effectue le plus communément par le croisement de deux séries de fils perpendiculaires entre eux; ceux de la première sont longitudinaux, isolés les uns des autres et tendus parallèlement dans un même plan horizontal ou vertical suivant le système. Les fils de la seconde entrelacent transversalement ceux de la première. On peut les considérer comme un seul fil successivement replié et serré sur lui-même, de manière à remplir graduellement l'espace vide laissé sur toute la longueur des fils de la première série.

Le système des fils longitudinaux a reçu le nom de *chaîne*, celui des fils transversaux est appelé *trame*.

Une seule course de trame égale à la largeur de la chaîne est désignée sous le nom de *duite;* plusieurs duites de couleurs différentes superposées ont reçu le nom de *passée*.

La résistance d'une étoffe à la traction est supérieure à celle de la somme des fils qui la composent.

Elle peut être considérée comme proportionnelle à celle des fils multipliée par le nombre de liaisons ou d'entrelacements nécessaires à sa confection.

L'espace occupé par une étoffe peut être moindre, égal ou supérieur à celui qu'auraient occupé tous les fils qui la constituent, si on les avait rangés régulièrement les uns auprès des autres sans les croiser.

Les causes de ces variations de dimensions dépendent nécessairement de la circonvolution produite par l'entrelacement des fils (1).

(1) Il est bien entendu que nous n'envisageons ici que le changement de dimensions résultant du tissage; ceux qui proviennent du feutrage appartenant à une cause toute différente.

La surface d'un tissu peut varier sur la longueur, ou sur la largeur, ou dans les deux sens à la fois.

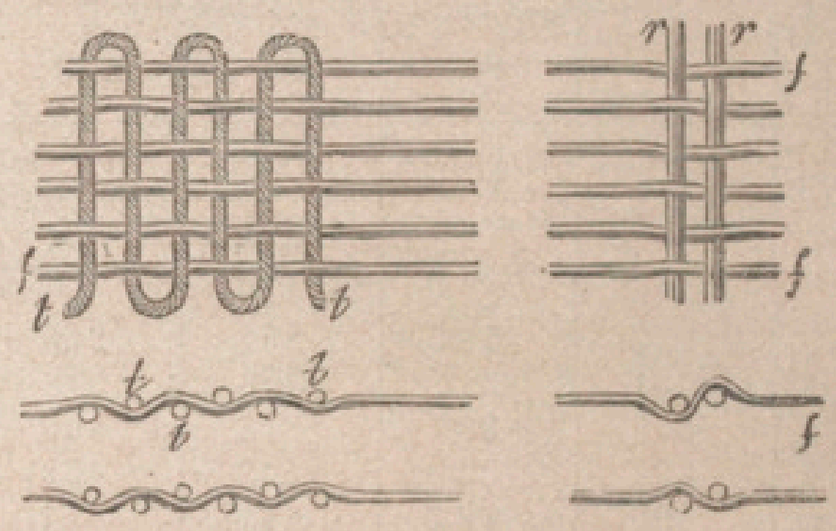
La cause d'allongement provient de la tension que l'on fait subir aux chaînes composées en général de fils élastiques. Le raccourcissement est le résultat du repliement des fils de la chaîne autour de ceux de la trame. L'élargissement provient des espaces vides qui restent entre eux. Le rétrécissement résulte du repliement autour de la chaîne des fils de la trame qui forment en quelque sorte une série d'anneaux occupant une longueur moindre que celle de leur développement. Lorsque l'une ou l'autre de ces causes vient à prédominer dans le tissage, les résultats qui en dépendent se manifestent sur le tissu.

Ces considérations vont trouver leur éclaircissement naturel dans les descriptions qui vont suivre.

Donnons d'abord les moyens les plus élémentaires nécessaires pour produire les étoffes les plus simples.

Pour former un tissu des plus simples soient *f, f, f* une série de fils isolés parallèles entre eux dans un même plan horizontal soumis tous à la même tension et enroulés sur deux cylindres (la figure 2438 représente

2438.



2439.

un plan et la figure 2439 une coupe). C'est entre ces fils qu'il s'agit d'établir une liaison intime de manière à les relier pour produire la surface flexible dont nous avons parlé plus haut.

Supposons tous ces fils séparés en deux parties égales : en fils de numéros pairs et en fils de numéros impairs. On passe deux tiges rigides **r,r**, perpendiculairement à la direction des longitudinaux : la première au-dessus de tous les pairs et au-dessous des impairs, et la seconde au-dessus de tous les impairs et au-dessous des pairs, ainsi que l'indiquent les figures. Cette disposition, qu'on nomme *enverjure*, permet d'embrasser facilement en même temps tous les fils de chaque moitié de la chaîne, sans avoir besoin de les chercher et sans s'exposer à les mêler. Chaque fil de la chaîne passe dans un nœud ou boucle, ou un petit orifice d'un fil vertical; il y en a par conséquent autant que de fils dans la chaîne. Tous ceux correspondant aux fils pairs horizontaux, sont réunis à leurs deux extrémités. L'ensemble de ce système se nomme une *lisse* ou *lame*. Il y a de même une lisse pour les fils impairs. Ces dispositions fournissent les moyens de faire baisser ou monter simultanément l'une ou l'autre série, suivant qu'on baisse ou lève la lisse correspondante. On fait mouvoir les deux l'une après l'autre en établissant une communication entre elles au moyen d'une corde qui passe sur une poulie.

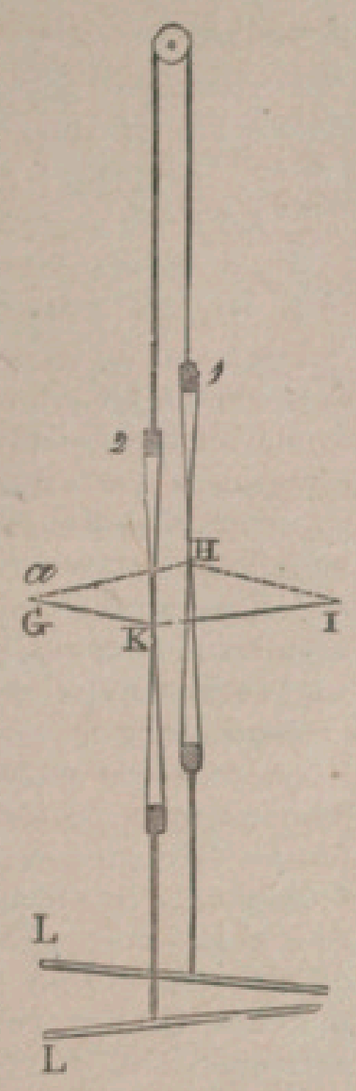
L'une monte pendant que l'autre baisse. Par ce mouvement les fils de la chaîne prennent la direction indiquée fig. 2440, et forment par conséquent un angle *a* proportionnel au chemin parcouru par la corde de la poulie. Cette corde est commandée elle-même par les leviers ou marches L,L, auxquelles elle est attachée. Les choses étant dans cet état, l'on fait passer un fil dans l'angle perpendiculairement à la chaîne sur toute sa

largeur, et l'on donne ensuite aux lames le mouvement opposé ; c'est-à-dire on baisse les fils qui avaient été levés et on lève ceux qui avaient été abaissés. Le fil en travers se loge dans le sommet de l'angle *a* et remplit complétement un espace égal à son diamètre. Le même angle *a* se reproduit avec la seule différence que les fils, qui dans le premier mouvement en composaient le côté supérieur, en forment maintenant le côté inférieur. On fait passer une seconde duite parallèle à la première et on reforme de nouveau l'angle.

On a alors la disposition de tissu la plus simple et qui est celle de la plus grande partie des tissus. On voit (figure 2438) que la première duite passe alternativement sur tous les fils pairs et sous tous les fils impairs ; la seconde, au contraire, sous tous les fils pairs et sur tous les fils impairs.

La trame est renvidée sur un petit cylindre logé dans un creux de la navette que nous décrirons en détail plus loin.

Mais pour que le tissu ait la résistance voulue, il faut que chaque duite soit bien également serrée dans le sommet de l'angle *a*.



2440.

Le serrage régulier qui établit la liaison intime de la duite avec la chaîne s'obtient par le choc qu'on imprime à la première au moyen d'un levier d'une forme particulière, propre à le laisser fonctionner entre les fils de la chaîne et qu'on nomme *battant*. (La description du battant trouvera sa place lors de celle des métiers à tisser.)

Il suffit de répéter les deux mouvements de la chaîne, d'avoir soin de fournir la duite nécessaire et de la serrer convenablement par le choc pour former un tissu. Il est facile de voir que dans l'étoffe qui résulte des croisements que nous venons d'indiquer, les deux surfaces présentent exactement la même apparence ; nous donnerons pour exemple la toile, la plupart des cotonnades, des lainages et des taffetas. Il ne serait d'ailleurs pas possible de donner un aspect différent au tissu résultant des entrelacements en se bornant à diviser tous les fils de la chaîne en deux parties égales dans les lisses. Les moyens seront moins limités lorsqu'on poussera cette division plus loin et qu'on augmentera proportionnellement le nombre de lames.

Nous verrons, en traitant des *armures*, les effets variés que l'on peut obtenir par les divisions des fils de la chaîne convenablement combinées.

Tous les tissus formés par des chaînes et des trames nécessitent l'intervention des éléments que nous venons d'indiquer ; mais ils doivent être modifiés suivant la nature des fils que l'on emploie et le genre de tissu que l'on veut produire.

Les caractères fondamentaux à distinguer dans une étoffe sont la *force*, la *régularité* et l'*élasticité*.

La force d'une étoffe dépend de celle des fils qui la composent, de leur roideur et de leur quantité.

La régularité est une conséquence de l'homogénéité des fils, du bon ordre, de leur disposition et de l'application convenable des forces de traction auxquelles ils sont soumis.

L'élasticité provient de celle naturelle des fils suffisamment ménagée. Elle peut être égale sur les deux dimensions ou prédominante sur l'une ou l'autre, suivant que la quantité relative de chaîne ou de trame sera prédominante ou que la tension diminuera sur l'un ou l'autre élément. Il résulte de ces principes que, toutes choses égales d'ailleurs, *la tension à donner aux fils d'un tissu doit être proportionnelle à la force qu'il doit avoir*, puisque de son degré dépend la quantité de fils que peut contenir l'unité de surface. Remarquons que cette tension est une conséquence : 1° de celle que l'on exerce par traction sur les fils longitudinaux de la chaîne ; 2° de celle à laquelle est soumis le fil de la trame. Cette dernière est la résultante : 1° de l'impulsion donnée au fil par la navette ; 2° du choc qui lui est imprimé par le battant. Ces éléments qui agissent sur la chaîne et la trame doivent augmenter et diminuer dans un même rapport. L'importance de l'action uniforme et constante de ces forces sur les fils pendant toute la durée du tissage est évidente, car on ne saurait la diminuer ou la ralentir sans qu'une irrégularité ne se manifestât aussitôt sur l'étoffe.

Il est évident aussi que la grandeur de l'angle ou ouverture de la chaîne à chaque coup de navette prise au moment où le battant vient serrer la duite, doit être d'autant moindre que le tissu doit acquérir plus de force et de roideur. On dit que l'on travaille *à pas clos* ou *à pas ouvert* suivant que les fils de la chaîne forment un angle aigu ou obtus.

Si maintenant, au lieu de fils de même nature, on en emploie de natures différentes, les tensions doivent être proportionnelles à la force et à l'élasticité des fils et généralement en raison directe de leur finesse, puisqu'ils renferment d'autant plus de matière et sont d'autant plus forts que leurs numéros sont plus élevés.

Il est très difficile dans l'état actuel de la science d'indiquer d'une manière absolue les efforts de traction qu'il faut faire subir aux fils et par conséquent les poids qui doivent charger la chaîne et le battant. L'ouverture de la chaîne la plus convenable, la nature des fils, leur finesse et leur perfection, ainsi que le mode de croisement, étant très variables, c'est par l'expérience seulement que l'on peut déterminer ces éléments dans les différents cas qui peuvent se présenter ; théoriquement on peut simplement faire comprendre les inconvénients qui résulteraient si l'on ne restait pas dans des limites convenables. Une tension trop forte de la chaîne troublerait l'élasticité des fils, les affaiblirait et pourrait déterminer des ruptures. Elle ne devra même dans aucun cas atteindre la limite de leur ténacité, car dans le tissage, ils sont exposés à des mouvements brusques et à des frottements sensibles qui diminuent par conséquent leur force. Il est donc important de ne la pas pousser au-delà du degré nécessaire, pour obtenir la roideur, la solidité du tissu, et en même temps, pour ne pas dépenser un travail inutile. La pression exercée contre la trame par le battant et par conséquent son poids doit varier également suivant la force à donner aux étoffes. D'un poids trop fort résulterait une pression, et par suite un raccourcissement des fils de la chaîne trop grand. Une trop faible tension de la chaîne, ou un poids insuffisant du battant, produirait des tissus creux, qui n'auraient ni la roideur, ni la solidité convenables.

Les variétés d'étoffes sont si nombreuses, les noms que le commerce leur donne sont si arbitraires et si étrangers à leurs caractères et aux moyens de fabrication, que nous avons cru devoir tenter une classification qui nous permît de ranger dans quelques groupes principaux tous les tissus, et de réunir dans le même groupe ceux qui sont produits par des moyens identiques, indépendamment de la nature de leurs fils.

Nous sommes loin de nous faire illusion sur le mérite de la classification que nous avons adoptée, et afin qu'on ne lui attribue pas une portée plus grande que celle que

nous avons entendu lui donner nous-mêmes, il est nécessaire d'expliquer notre pensée en quelques mots.

Nous n'avons pas eu la prétention de substituer une nomenclature nouvelle et rationnelle à celle dont le commerce a l'habitude de se servir. Le plus souvent on donne aux étoffes des noms bizarres ou des noms célèbres empruntés aux hommes, aux choses ou aux événements, et qui ne sont quelquefois pas complétement étrangers au débit des produits, et cela suffirait peut-être pour que l'on refusât d'accepter une innovation. Nous avons seulement voulu établir des distinctions positives entre les classes de tissus formés par des combinaisons d'entrelacement de fils qui présentent des apparences tranchées, ranger dans les mêmes groupes tous les tissus engendrés de la même manière et arriver à donner une idée exacte des moyens employés à former un tissu déterminé.

Cette classification pourra, en quelque sorte, et toutes choses égales d'ailleurs, servir de guide dans l'appréciation de la valeur intrinsèque d'une étoffe. En effet, la véritable valeur de celle-ci consiste dans les propriétés et les qualités de la matière première, ainsi que dans les caractères extérieurs qu'elle présente. Or, les propriétés d'une matière dépendant de sa nature peu variable, et sur laquelle il est en général impossible de se méprendre, il n'y a donc pas d'importance à comprendre ces propriétés dans une classification générale.

Les qualités d'une même matière première au contraire étant très variables et ne pouvant être appréciées que par une longue expérience, il serait difficile de les faire entrer comme bases dans une classification théorique; les deux premiers éléments doivent donc en être exclus. Il n'en est plus de même des caractères extérieurs que présentent les étoffes. Ils dépendent d'une part de la nature des fils employés et de l'autre des systèmes d'entrelacement adoptés pour en établir les liaisons entre ces fils. Celles-ci ont donc le double but de former le corps du tissu, de lui donner sa solidité et de présenter des combinaisons d'entrelacement, telles que le tissu offre à l'œil l'aspect le plus flatteur. L'influence que peuvent avoir les différents modes de croisement sur cette apparence est surtout très sensible dans les étoffes brillantes, telles que les tissus de soie.

Les systèmes de croisements de fils usités, et avec lesquels l'industrie est familiarisée, sont très nombreux et peuvent considérablement varier encore; mais ils dérivent tous de quelques combinaisons qui peuvent être clairement définies, et auxquelles toutes nouvelles pourront être ramenées. Mais aussi bien que les modes de liaisons, le nombre d'assemblages de fils employés dans une trame est variable. Dans les tissus unis les plus simples, on ne se sert ordinairement que de deux systèmes de fils, d'une trame et d'une chaîne; mais à mesure qu'on veut obtenir des étoffes plus riches, ou qui doivent présenter des effets plus variés et plus élégants on fait usage d'un plus grand nombre de systèmes, tantôt dans l'un ou dans l'autre sens, tantôt dans les deux à la fois. Ces additions ont lieu pour certains genres de tissus sur toute leur surface; pour d'autres, sur une partie seulement, comme nous le verrons plus loin.

Le mode de liaison des différents systèmes de fils entre eux, quel que soit d'ailleurs leur nombre, est également déterminé par quelques règles fondamentales. Comme la complication des combinaisons, ainsi que le nombre de systèmes usités sont en général proportionnels à la valeur des étoffes, il est rationnel de prendre ces éléments pour base principale de notre classification. Elle se trouve ainsi établie sur quelques principes pour ainsi dire immuables, dont la combinaison plus ou moins compliquée peut, en quelque sorte, dans la plupart des cas, déterminer la valeur relative des tissus. En effet, elle indique le degré de travail qu'une étoffe aura subi au tissage, et qui est ordinairement en raison de la valeur même de la matière employée.

CLASSIFICATION GÉNÉRALE DES TISSUS (1).

Envisagés sous le point de vue de leur constitution élémentaire seulement, tous les tissus peuvent être rangés en trois grandes classes :

1° *Les tissus à corps plein, à fils serrés et rectilignes;*
2° *Les tissus à jours et à fils mixtilignes;*
3° *Les tissus à mailles et à fils curvilignes.*

Les tissus de la première classe sont formés par des systèmes de fils qui se croisent invariablement à angles droits, et ne laissent entre eux que des espaces imperceptibles à l'œil nu. C'est la classe la plus riche en genres et en variétés; elle comprend depuis la toile à voile la plus grossière jusqu'aux magnifiques *moquettes anglaises*, produites à l'aide des artifices et des combinaisons les plus compliquées du tissage. Ces variétés peuvent se distinguer en cinq genres différents :

Tissus du premier genre. Le premier renferme tous les tissus unis qui peuvent se produire à la marche, par conséquent toutes les espèces qui peuvent être formées par les diverses combinaisons de couleurs, de reflets, de croisements ou d'armures. A l'aide d'une chaîne et d'une trame seulement, les modes d'entrelacement de ces deux systèmes sont limités par le nombre de leviers ou marches, et par conséquent par celui des lames qui leur correspondent. Les effets obtenus au tissage, subordonnés au soulèvement et à l'abaissement simultanés d'une série de fils de chaîne, se bornent par cette raison aux combinaisons simples, dont les figures les plus compliquées seraient formées de lignes droites de grandeurs assez sensibles.

Dans ce genre, nous placerons toutes les étoffes exécutées pour les armures fondamentales, la toile, les draps unis ou croisés, les calicots, les cotonnades de toutes sortes, les taffetas, les serges, les satins, les coutils, les rayés quelconques, les damassés, etc. Ces variétés de tissus ne présentent de différences que dans les modes de croisements des deux systèmes de fils.

Deuxième genre, tissus doubles. Ce genre se distingue très facilement du précédent et de tous les autres par la présence de deux chaînes. Il renferme des étoffes analogues aux mèches et à celles présentant deux surfaces d'aspect différent, les velours unis, coupés ou frisés, les peluches et en un mot tous les tissus ayant deux fils superposés en longueur. Le caractère distinctif de ce genre étant très tranché, nous n'avons pas à y insister. On peut y distinguer plusieurs variétés, depuis les étoffes à deux jusqu'à celles à quatre et cinq chaînes.

Troisième genre. Nous rangerons dans celui-ci les tissus formés d'une trame et d'une chaîne seulement, et dont les fils produisent des figures quelconques, des sphères parfaites aussi bien que des lignes droites, et avec lesquels on peut opérer comme avec autant de points qui n'auraient que leur grosseur. L'exécution des tissus de ce genre nécessite des moyens mécaniques nouveaux pour faire mouvoir les fils isolément, et non plus par série comme avec les lames. C'est ce résultat que réalisaient les anciens métiers à la tire, le métier plus récent de Vaucanson, et qu'a atteint surtout le métier à la Jacquart.

Toutes les étoffes façonnées ordinaires, dont les fils forment en même temps le fond et le liage, soit dans les cotonnades, les lainages de fantaisie ou la soierie, s'obtiennent de cette façon et appartiennent, par conséquent, au troisième genre.

---

(1) Nous avons pensé qu'il était convenable de placer cette classification en tête de l'article *tissage*, comme introduction naturelle, afin de ne pas scinder nos descriptions; nous supposons cependant que nos lecteurs ont déjà pris connaissance de ce qui suit concernant le tissage.

TISSAGE.

Quatrième genre. Ce genre se compose des tissus des genres précédents perfectionnés : au lieu d'en former le fond et le liage par une seule duite, on chasse ou superpose deux duites, l'une destinée à former le fond ou le corps du tissu, l'autre le liage du dessin avec le fond. Ce travail, qui est surtout celui appliqué aux beaux châles français, aux riches étoffes pour meubles, fait disparaître les inégalités d'épaisseur qu'on peut observer dans les tissus du troisième genre.

Ce genre exige généralement les combinaisons des aiguilles de la Jacquart et des lames. Nous l'avons classé à part parce qu'il comprend un élément nouveau et important, celui d'un deuxième et quelquefois d'un troisième fil en travers.

Cinquième genre. Nous rangeons dans le cinquième genre les étoffes pour la production desquelles il faut avoir recours à tous les moyens précédents réunis, c'est-à-dire aux lames ou lisses, aux doubles chaînes des tissus unis et au mécanisme de la Jacquart ; les riches étoffes de velours broché, les châles doubles, les plus beaux tapis basses lisses, qu'on nomme la moquette anglaise, en sont les principales variétés (1).

Tissus de la seconde classe à jours et à fils mixtilignes.

Les étoffes de cette classe sont formées d'une chaîne et d'une trame comme les tissus unis ; mais tous les fils de la chaîne ne restent pas parallèles entre eux et également tendus comme dans ceux-ci ; certains d'entre eux, disposés à distances régulières, font une révolution héliçoïde, tantôt autour du fil qui se trouve à leur droite, et tantôt autour de celui de gauche. Ils laissent à la place qu'ils occupaient d'abord un espace libre entre deux duites successives. Ces jours sont, avec la forme qu'affectent les fils, les caractères distinctifs de ce genre. Les gazes, en général, les balzorines, les tarlatanes, sont les principales étoffes de cette classe. On distingue deux genres dans cette classe, les tissus unis à jours et ceux à jours façonnés.

Troisième classe. Tissus à mailles et à fils curvilignes.

La troisième classe, enfin, embrasse tous les tissus à mailles formées par la révolution d'un seul fil non tendu autour de lui-même et d'aiguilles génératrices, ou par le croisement de deux systèmes de fils tendus conservant des vides entre eux. Les tissus de cette classe peuvent être rangés en trois genres principaux :

Tissus du premier genre. Nous comprendrons dans le premier genre les tricots de toute espèce, quelles que soient leurs qualités, et qui sont toujours caractérisés par des mailles plus ou moins grandes, formées d'une courbe allongée rétrécie dans son milieu et présentant une élasticité parfaite dans tous les sens, qui rend les tissus qu'ils composent éminemment propres à envelopper parfaitement les formes qu'ils sont destinés à couvrir. Les seuls ornements que les tricots reçoivent, consistent dans des dessins formés par des jours réservés lors du travail. La différence de valeur de ces étoffes provient principalement de la nature et de la finesse des fils employés. Elles ne peuvent être formées qu'à l'aide de métiers spéciaux, puisqu'il s'agit de réaliser des conditions tout à fait autres que pour les tissus que nous avons eu à examiner jusqu'ici ; les métiers à tricots employés sont basés, en effet, sur des principes qui diffèrent complétement de ceux sur lesquels sont construits les autres métiers à tisser. Voyez BONNETERIE.

Tissus du deuxième genre. Nous rangerons dans ce genre toutes les dentelles et les tulles unis qui sont aussi composés de mailles ; mais celles-ci, au lieu d'être des boucles courbes, élastiques, formées par une révolution d'un seul fil sans tension, sont généralement des hexagones résultant du croisement de deux systèmes de fils tendus, qui ne peuvent, par conséquent, offrir l'élasticité des tissus du genre précédent. Ce caractère distinctif nous indique également qu'ils nécessitent, pour leur tissage, la construction de métiers nouveaux remplissant des conditions toutes particulières. Les variétés de ce genre dépendent également de la nature et de la valeur des fils employés. Voyez TULLE.

Tissus du troisième genre. Les tulles et les dentelles sont souvent ornés par des broderies élégantes, exécutées tantôt en les tissant sur le corps même de l'étoffe, tantôt les ornements se font à part et sont appliqués en suite. Ce travail se fait généralement à la main pour les dentelles précieuses. On en fait également avec le métier à la Jacquart, ou avec celui de M. Josué Heilmann. Nous avons rangé toutes les dentelles et les tulles ornés dans un même genre, mais c'est celui qui renferme le plus de variétés, puisqu'il contient en effet depuis le tulle façonné, fabriqué couramment avec les machines, jusqu'à ces magnifiques produits de Valenciennes, de Caen, de Nancy, d'Alençon, pour l'exécution desquels il faut une habileté toute particulière. Toutes les distinctions dans lesquelles nous pourrions entrer à ce sujet seraient insuffisantes, et n'apprendraient rien ni aux ouvrières qui en font la spécialité, ni aux consommateurs qui ont pu comparer la plupart de ces légers tissus. Voyez BRODERIE.

Malgré toute la simplicité de cette classification, nous pensons qu'une étoffe quelconque peut y trouver sa place ; l'indication de la classe et du genre d'un tissu apprend immédiatement l'espèce de métier sur lequel elle a été exécutée, et les éléments fondamentaux qui la constituent.

Il suffira, par exemple, de dire qu'un velours façonné est un tissu du cinquième genre de la première classe, pour indiquer que sa production a exigé tous les moyens mécaniques dont le tisserand peut faire usage, qu'il est composé de deux chaînes au moins et d'une certaine quantité de trames superposées, et que c'est par conséquent un des plus chers. On aura des indications analogues pour tous les genres.

On connaîtra donc immédiatement par la dénomination des tissus les moyens mécaniques employés à les confectionner, et la quantité relative de matière qui les compose. Pour arriver à se rendre compte de la variété à laquelle ils appartiennent, il faudra les décomposer en les défilant, pour saisir avec exactitude les modes de croisements ; et pour parvenir à les produire, il faudra être familiarisé avec tous les éléments de l'art du tissage, dont nous allons commencer l'étude.

Opérations du tissage.

Les opérations à exécuter peuvent se diviser en *opérations préliminaires et en opérations du tissage proprement dit.*

Les premières ont pour but la disposition convenable des fils et de toutes les parties du métier, suivant le tissage que l'on a en vue. Les secondes transforment les fils en tissus.

Les opérations préliminaires pour les étoffes ornées, simples ou doubles, se réduisent aux suivantes :

1° Le bobinage ;
2° L'ourdissage ;
3° Le pliage et montage de la chaîne ;
4° Le parage ;
5° La préparation de la trame ;
6° Le remettage ;
7° Le montage du métier ou son armure.

Pour les étoffes façonnées, il faut ajouter :

8° La mise en carte du dessin :

(1) Nous n'avons pas cherché à faire entrer les beaux tapis à hautes lisses dans cette classification, car le travail de ces tissus ne peut d'ailleurs se confondre avec aucun autre, et appartient plus aux beaux-arts et à la broderie qu'au tissage proprement dit.

9° Le lisage, le perçage et l'assemblage des cartons;
10° Les divers empoutages;
11° L'appareillage du métier, comprenant le collétage et le pendage.

Les principaux métiers employés sont les suivants :

Basses lisses.
1° Le métier à marches mû par l'ouvrier;
2° Les métiers mécaniques;
3° Les métiers à cylindres;
4° Le métier à la Jacquart;

Hautes lisses.
5° Le métier à hautes lisses;
6° Le métier mixte à basses ou à hautes lisses à volonté;

Métiers à mailles.
7° Les métiers à tulle;
8° Les métiers à tricot.

Du bobinage. Lorsque les fils sont livrés par la filature sous forme d'écheveaux ou de fuseaux, comme cela arrive toujours pour ceux destinés pour la chaîne, et quelquefois aussi pour ceux de la trame, il faut alors transformer ces écheveaux et ces fuseaux en nouvelles bobines, pour opérer plus facilement dans les préparations ultérieures. Cette transformation a lieu par un simple dévidage; on dispose une série de bobines les unes à côté des autres, que l'on commande simultanément, et sur lesquelles on fait monter le fil provenant des broches ou des écheveaux. Les machines à bobiner peuvent présenter quelques modifications sous le rapport de la disposition des bobines, qui sont placées horizontalement ou verticalement, et sous le rapport de la transmission du mouvement; mais ces modifications n'ayant aucune importance au fond, nous nous sommes bornés à indiquer la disposition d'un des bobinoirs les plus répandus dans le tissage mécanique. La fig. 2441 donne une vue de côté de la machine, et la fig. 2442 une vue de face d'une partie seulement de la longueur du bobinoir. On ne voit que trois broches, tandis qu'il y en a soixante à soixante-dix de chaque côté.

Les broches *b* sont fixées sur une traverse *t* (si on avait des écheveaux à dévider, ce serait sur un asple qu'on les enroulerait); les bobines B sont disposées à la partie supérieure dans des axes, qui portent des noix ou petites poulies à une certaine hauteur, et qui reposent par leur extrémité inférieure dans des crapaudines *e* de la traverse *r*. Dans son trajet du fuseau *b* à la bobine B, le fil passe sur une tringle cylindrique *f*, garnie de drap ou de peluche dont le frottement sert à enlever une partie du duvet du fil. Entre les fuseaux et les bobines se trouvent de petits guides. Ces dernières reposent sur une pièce mobile *c*, qui monte et descend pour que le fil soit uniformement enroulé sur la hauteur. Toutes les traverses et les différents points d'appui de la machine sont reliés à un bâti en fonte composé de trois montants, un à chaque extrémité, un au milieu. E F G H, est celui de l'une des extrémités, sur lequel reposent les transmissions de mouvements. Celles-ci se composent d'un cylindre R en fer-blanc, donnant le mouvement aux broches par des cordes à boyaux qui partent de sa périphérie pour envelopper les noix des broches. Ce cylindre reçoit l'action du moteur à une de ses extrémités par des poulies; l'autre extrémité porte un pignon 1, qui engrène avec une roue intermédiaire 2, dont l'axe commande le pignon 3, faisant tourner la roue 4. L'axe de cette dernière porte un excentrique X, dont le mouvement fait décrire un arc de cercle au levier L, qui transmet une impulsion à la poulie G, qui prend par suite un mouvement circulaire alternatif et fait, par conséquent, marcher le chariot ou balancier *c*, sur lequel se trouvent les bobines, en l'élevant et l'abaissant dans des coulisses disposées à cet effet par des tringles *n*, qui y sont attachées. Les petites poulies *i*, *i*, sont des galets de tension pour maintenir les cordes ou chaînes.

La vitesse imprimée à la poulie motrice, et par conséquent au tambour R, est moyennement de 110 à 120 tours par minute; celle des broches des bobines est de 540 à 550 dans le même temps, et l'excentrique fait 3 tours environ. On pourra facilement calculer d'après cela le travail théorique de cette machine dans un temps donné.

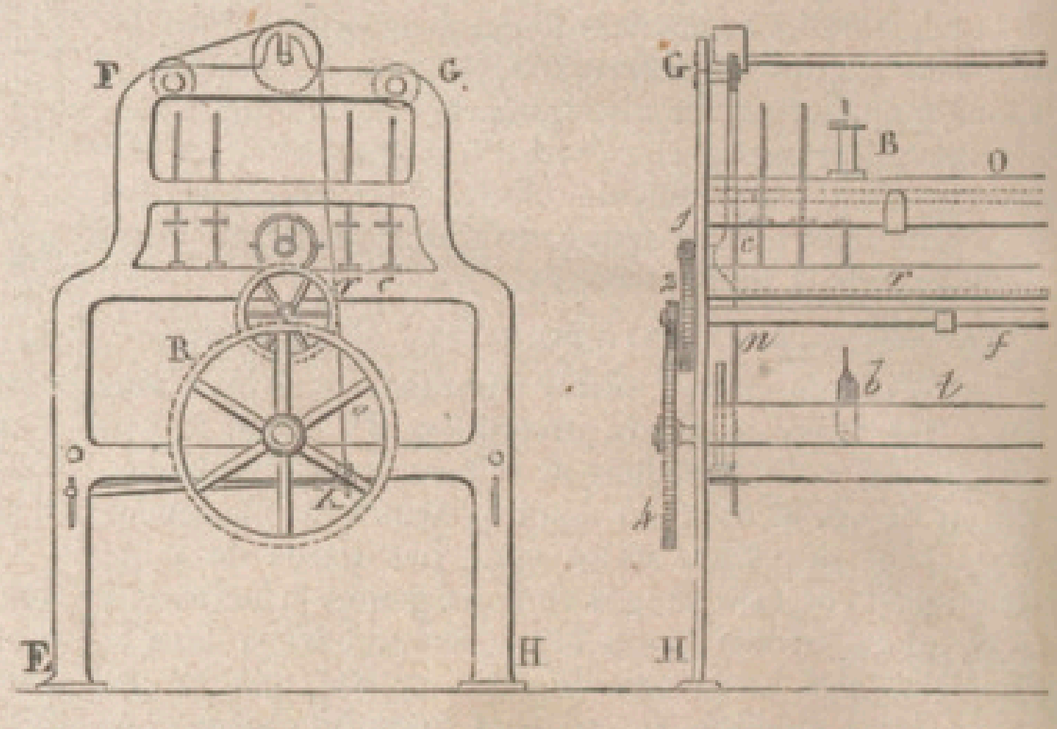
De l'ourdissage. — *Ourdir*, c'est assembler parallèlement entre eux, à une égale longueur et sous la même tension, un certain nombre de fils dont l'ensemble a reçu le nom de *chaîne*.

Les nuances des fils d'une chaîne sont déterminées d'après les effets qu'on veut obtenir dans le sens longitudinal du tissu; elles ne varient guère que pour les étoffes à raies, les diversités de couleurs étant plus généralement produites par des effets de trame, et pour les tissus chinés, par une impression ou un trempage des fils de la chaîne dans la teinture avant ou après l'ourdissage, suivant la méthode employée.

On peut distinguer deux espèces de chaînes :

1° Les chaînes destinées à former les étoffes simples et le fond des étoffes à poils;

2° Les chaînes destinées uniquement à produire le velouté ou duvet des étoffes à poils.



2441. 2442.

La longueur des premières est proportionnelle à celle des tissus.

La longueur des secondes doit être égale au développement total des boucles nécessaires pour le duvet de l'étoffe.

Le nombre de fils dans les deux cas est proportionnel à la largueur du tissu, toutes choses égales d'ailleurs, et en raison inverse de la grosseur des fils et des espaces vides qui les séparent, prise entre les deux lisières. Les fils de cordons ou de lisières de nature plus commune, sont comptés à part.

L'ourdissage peut être simple, double, triple, quadruple, etc., suivant qu'on opère sur 1, 2, 3, 4, etc., fils ensemble.

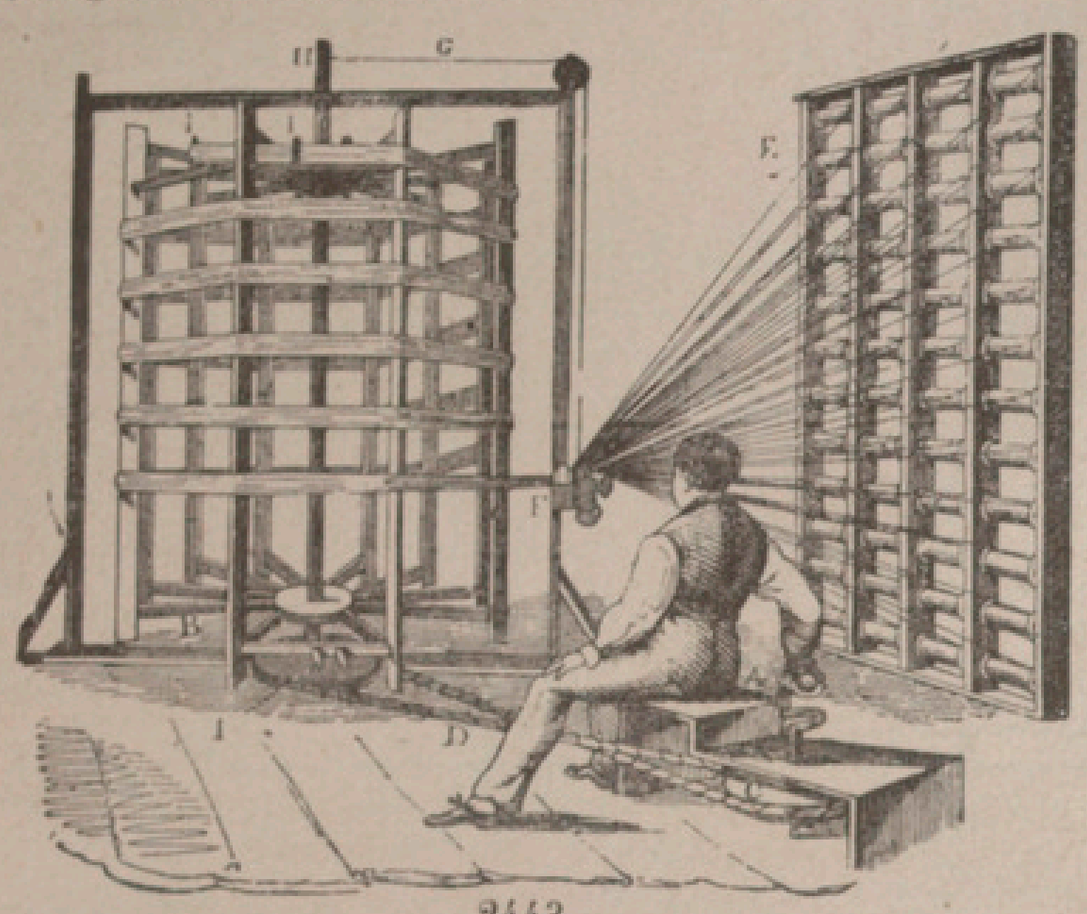
Pour donner plus de solidité à l'étoffe et la fournir davantage dans le cas de la réunion de plusieurs fils, on ne les considère à l'ourdissage que comme un seul.

L'ourdissage est généralement simple pour les cotonnades, les toiles, la draperie et les étoffes en laine rase; il est au moins double pour les beaux châles brochés, et c'est pour les différents articles de soieries qu'il est le plus variable.

Quelquefois aussi, lorsque le tissu doit présenter des

côtes qui alternent dans le sens de la longueur de la pièce, on ourdit alternativement à fil simple et à fil double ou triple, suivant les grosseurs des côtes en relief que l'on veut obtenir.

Description de l'ourdissoir. La machine à ourdir le plus généralement employée pour l'ourdissage à la main



2443.

est l'*ourdissoir rond*, représenté en élévation fig. 2443; HF est le bâti de l'ourdissoir, qui est un asple à axe vertical, E est le montant du porte-roquets qu'on nomme *cantre*. On ourdit ensemble un certain nombre de fils dont la réunion est désignée sous le nom de *portée*. Le nombre de fils d'une portée peut varier avec les localités ; il est le plus communément de quarante fils. L'assemblage de 20 fils est une *demi-portée* ou *musette*, nom employé plus généralement dans la soierie. Cette demi-portée est dévidée comme un seul ruban, et s'enroule autour de l'ourdissoir en formant un nombre de spires placées à égale distance sur toute la hauteur, dont le développement total doit être égal à celui de la longueur de la chaîne que l'on veut obtenir. Comme celle-ci peut être variable, l'ourdissoir a ordinairement la plus grande hauteur nécessaire, et quand on a des chaînes d'une moindre longueur on place alors des traverses pour limiter la course. L'ourdisseur fait prendre aux fils la direction convenable pour amener tous les fils à la traverse; elle les rassemble par un nœud, puis les fixe sur des chevilles I de l'ourdissoir. Il est important de faire cette attache en croisant les fils.

Cette manière d'arrêter la chaîne s'appelle *enverjure*. Elle a pour but de maintenir les fils dans leurs positions respectives, de les empêcher de se mêler, et de faciliter la recherche d'un fil dont on aurait perdu la trace par la rupture ou autrement.

Une fois la musette enverjée ou encroisée, on met l'ourdissoir en mouvement par une manivelle A qui commande la poulie C; cette poulie commande l'ourdissoir par une corde D qui l'enveloppe. La disposition régulière des fils en spire, sur la hauteur de l'ourdissoir, a lieu de la manière suivante :

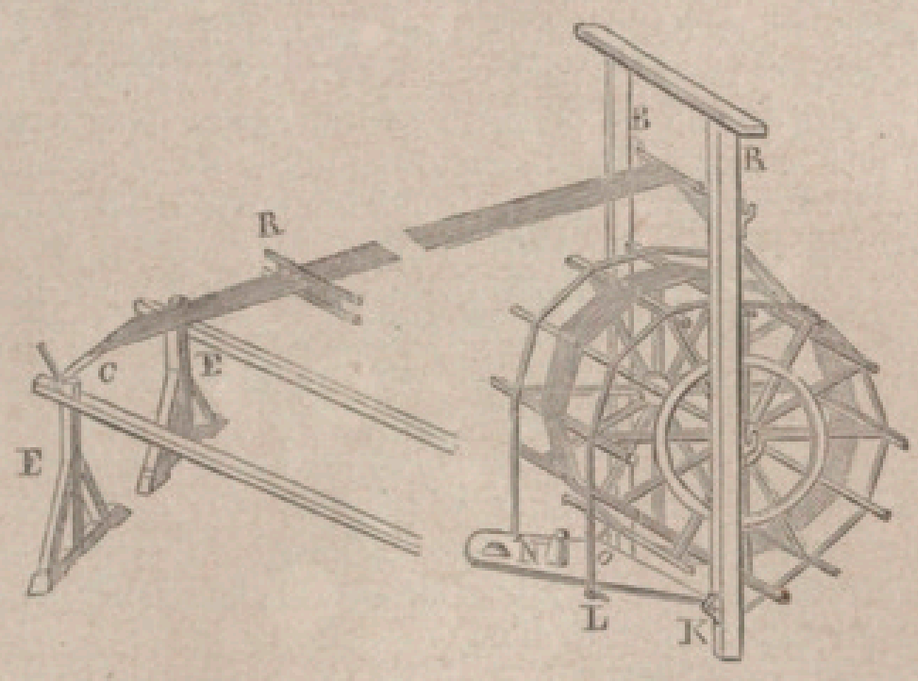
L'arbre vertical de l'asple se termine à sa partie supérieure par un axe H en fer, sur lequel s'enroule une corde G, qui de cet axe passe sur une petite poulie *t*, et vient s'attacher, parallèlement aux montants, à une pièce mobile F nommée *plot*, qui sert de guide aux fils réunis. A mesure que la corde s'enroule dans un sens, le plot et, par conséquent, la musette montent; lorsqu'au contraire l'ouvrière change la direction du mouvement, le plot et la musette descendent; lorsqu'ils sont au bas on enverje également comme on a fait au commencement, puis on continue le mouvement de va et vient

comme il vient d'être indiqué. Il est essentiel que les distances entre les spires soient autant que possible égales entre elles, afin que les fils soient bien soumis à la même tension. C'est à cet effet que la poulie de renvoi ou petit cylindre porte une petite roue à rochet avec un cliquet, qui servent de régulateurs à la marche du plot; celui-ci glisse le long du montant du devant, qui doit être bien uni. Il est nécessaire que l'ourdissoir soit bien établi et que son axe soit parfaitement vertical.

Lorsque la chaîne est ourdie, on a soin de fixer les enverjures par des liens, afin qu'elles ne se dérangent pas; et pour que les fils ne se mêlent pas, on les réunit sous la forme d'anneaux. C'est de cette disposition que vient le nom de *chaîne* qu'on donne aux fils ourdis

Pliage et *montage*. Pour plier une chaîne, on l'enlève de l'ourdissoir et on la dispose sur le cylindre ensouple du métier à tisser. Cette opération se pratique encore généralement de la manière suivante :

La chaîne, divisée par demi-portées, est placée sur un tambour *t t* (fig. 2444), en commençant par le bout de l'enverjure; on remplace le lien par une baguette B, après quoi on fait passer les musettes dans un rateau R de la largeur de l'étoffe à produire, en introduisant chacune d'elles entre deux dents qui, ainsi disposées, se rendent dans le même ordre sur le cylindre C, destiné au métier à tisser, et qui pendant le pliage est disposé sur les deux cabres E E, attachés invariablement au plancher.



2444.

La chaîne est fixée au cylindre ou rouleau du métier par une baguette d'enverjure, qui vient se placer dans une rainure pratiquée à cet effet ; un ouvrier fait tourner le cylindre pour produire l'envidage, tandis qu'un autre tient le rateau à la main pour dégager les adhérences qui pourraient exister entre les musettes.

La tension de la chaîne est maintenue par l'effet d'un poids N, qu'on avance ou recule sur une espèce de tablier à bascule OK, assemblé à charnière à la partie inférieure des montants QR du tambour.

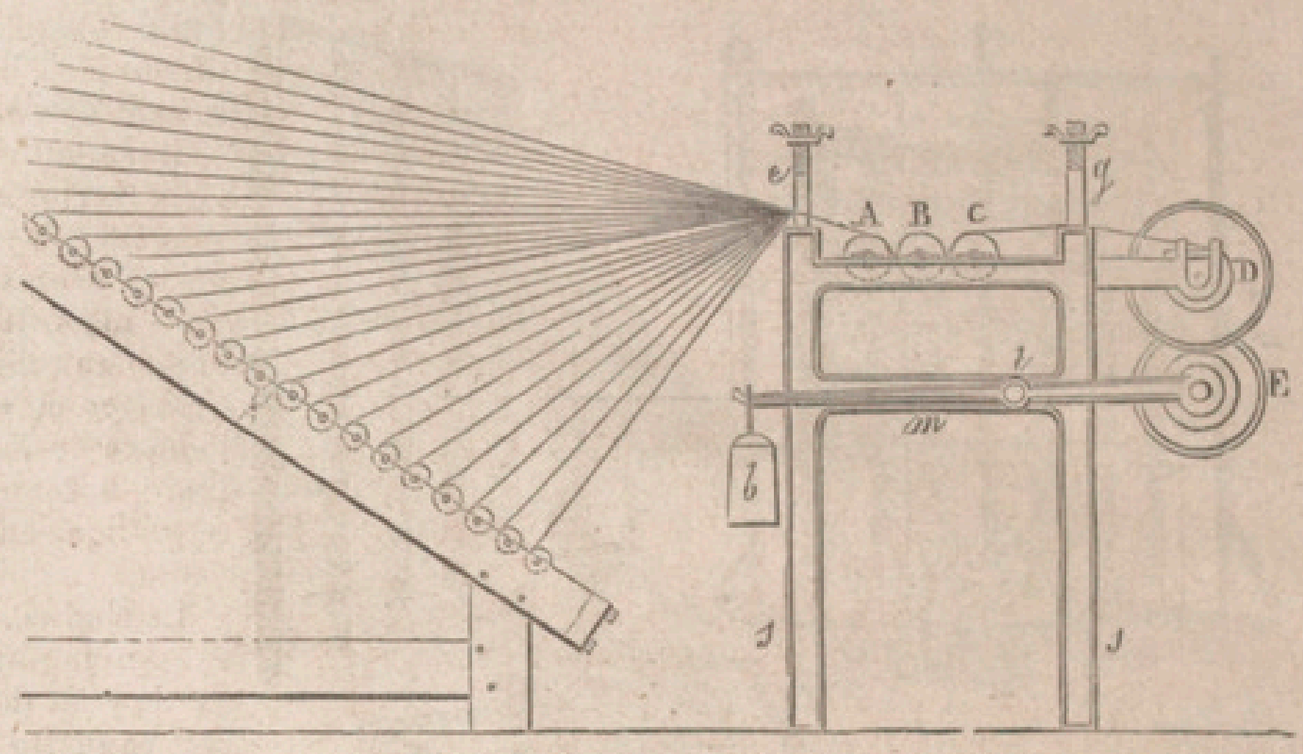
Ce dernier est embrassé par une courroie, liée à la bascule de manière à opérer un certain frottement sur ses bras et à tendre convenablement les fils. Lorsque l'opération touche à sa fin, on défait le rateau en enlevant son chapeau supérieur, et on achève d'enrouler la chaîne sur l'ensouple.

Ourdissoir mécanique. L'ourdissage que nous venons de décrire demanderait trop de temps si on l'appliquait

au tissage mécanique ; il a donc fallu imaginer un our dissage mécanique.

La machine se compose (fig. 2445) d'une espèce de casier incliné, sur lequel on peut réunir plus ou moins de fils. Dans celle que nous représentons, il y a dans le sens de la largeur 10 rangées de bobines pleines et 36 dans le sens de la longueur, ce qui fait 360 bobines ou fils pour tout le banc; le plan ne représente que trois rangées, parce qu'on a supprimé les répétitions inutiles.

L'axe de ces bobines vient se loger dans une petite encoche le long des traverses parallèles *a a*, de manière à les maintenir fixes pendant le dévidage et à pouvoir facilement les enlever après, ou au besoin pendant l'opération. Chacun des fils *d*, après avoir été introduit entre les dents d'un peigne *e*, passe successivement sur le rouleau A, sous le rouleau B et sur le rouleau C. Ceux-ci placés dans un même plan horizontal sur le bâti *s s* de l'ourdissoir, tournent sur leur axe par la simple tension des fils de la chaîne, qui passent ensuite dans un second peigne *g*, après avoir été tendus par les règles *r*, et vont s'enrouler sur le cylindre D, que le tambour E entraîne dans son mouvement de rotation par l'effet de la pression directe qu'il exerce sur lui. Cette pression s'opère au moyen d'un poids *b* suspendu à l'extrémité d'un levier *m*, mobile sur un support *t*, et dont l'autre bout est réuni à l'axe du tambour E. Ce poids peut varier de 1 à 15 kil. suivant la finesse des fils; il faudra nécessairement l'augmenter avec leur grosseur. Le mouvement est donné au tambour par une poulie motrice, qui fait environ 95 tours à la minute.



2445.

Les ourdissoirs mécaniques ne sont pas toujours disposés comme nous venons de l'indiquer ; au lieu d'être établies sur un bâti incliné en amphithéâtre, les bobines sont quelquefois placées horizontalement sur des montants tout à fait verticaux. On préfère même cette dernière disposition, comme présentant plus de facilité pour remarquer les fils cassés; lorsqu'un semblable accident arrive on dégrène aussitôt la machine pour l'arrêter et renouer les fils.

Encollage et parage. Les fils des chaînes, étant soumis à des mouvements assez rapides et à des chocs brusques pendant le tissage, ont besoin de pouvoir glisser facilement dans les dents du peigne et dans les boucles des lisses, et de présenter une résistance suffisante. Pour faciliter le glissement et augmenter la solidité des fils, on les enduit de colle ou parement.

Toutes les matières textiles, excepté la soie, sont encollées avant d'être tissées. L'opération se fait à la main ou mécaniquement, suivant que l'ourdissage est exécuté manuellement ou à la mécanique. Dans le premier cas, comme cela a lieu pour les fils de laine, on se borne à étendre la colle sur la chaîne avec des brosses; dans le second cas, celles-ci, trempées dans de la colle, sont mues par le moteur de la manière que nous indiquerons bientôt. La nature du parement employée varie avec celle des fils. La colle animale est exclusivement réservée aux laines, et la colle végétale aux fils de coton, de lin et de chanvre.

La colle animale paraît mieux convenir aux fils de laine, parce qu'elle pénètre davantage et conserve un certain degré d'humidité favorable au tissage. La colle végétale sur les fils de laine s'écaille en séchant, et leur donne une certaine roideur en faisant, comme on dit, *criquer* la laine. Pour éviter ces inconvénients, nous avons quelquefois engagé à faire l'encollage en écheveaux. Nous avons vu avec intérêt que MM. Vayson reprenaient ce moyen et se livraient à des expériences sur le parage des fils de laine, car c'est une des parties du tissage qui laissent le plus à désirer. La colle se fait généralement en cuisant des rognures de peau, que l'on applique sur la chaîne aussi également que possible.

L'encollage mécanique des fils végétaux est bien plus en progrès, et présente une facilité, une régularité et une économie telles, qu'on l'exécute même pour certaines étoffes de coton qui sont encore tissées à la main.

Avant de décrire les machines employées, nous allons donner quelques recettes de colles que nous avons pu obtenir de nos premiers établissements de tissage.

Première recette :

Fécule.	7k,500
Amidon grillé.	125k
Sulfate de cuivre.	500

Le sel de cuivre étant efflorescent, aide à la dessiccation et préserve la colle de la fermentation, de la décomposition et des atteintes des rats et des souris. La cuisson de cette colle est faite ordinairement à la vapeur.

Deuxième recette :

Fécule.	11k,500
Fécule grillée.	0k,500
Eau.	140k
Sulfate de zinc.	500

On fait bouillir à feu nu pendant trois quarts d'heure.

Troisième recette :

Fécule.	10k.500
Fécule grillée.	450
Sulfate de cuivre.	200
Sulfate de zinc.	200
Eau.	105k

Cuite à feu nu pendant trois quarts d'heure.

Quatrième recette :

Eau.	130k
Fécule	13k
Fécule grillée.	1k,250
Sulfate de zinc.	730

Cuite à la vapeur pendant vingt minutes. On préfère